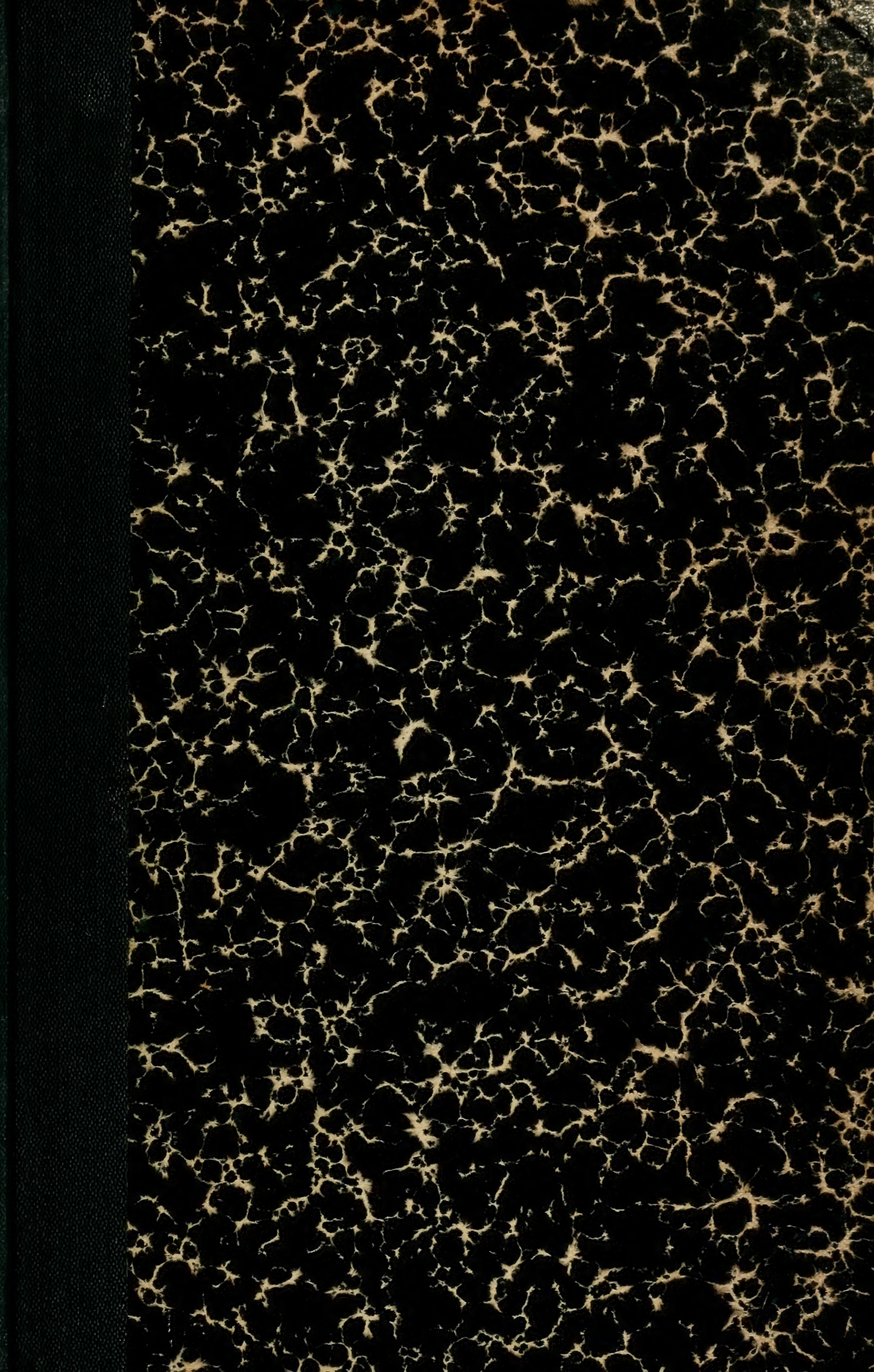
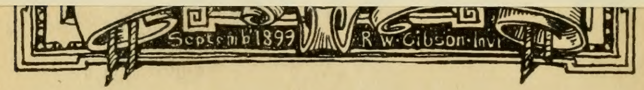



Septemb 1899
R W Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-NEUVIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL — Place de la Louve, 1

PARIS — JOEL CHERBULIEZ — Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1870

SUR LE PASSAGE
DES
COURANTS D'INDUCTION ET DE DISJONCTION
A TRAVERS DES GAZ A DIFFÉRENTES PRESSIONS
ET
ENTRE DES POLES DE FORMES DIFFÉRENTES[1]

Par M. E. EDLUND.

(TRADUCTION)

---

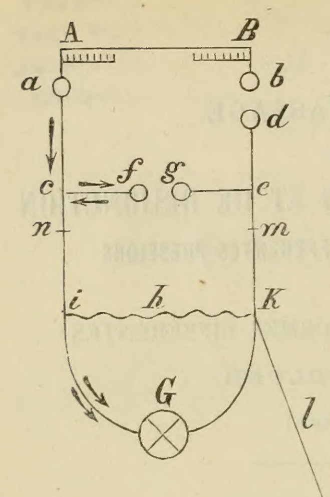
1. *Préliminaires.*

Pour abréger j'appellerai, dans ce qui va suivre, courants électriques de disjonction (elektrische Disjunctions-Ströme), les courants qui se développent dans l'étincelle électrique ou dans l'arc voltaïque, et, par analogie, force électromotrice de disjonction la force qui donne naissance à ces courants. Cette dénomination indique qu'un courant de cette nature ne se produit que lorsqu'il y a une interruption dans le circuit, partant un trait de feu ou une étincelle, et lorsqu'il y a transport sur un des deux pôles de la matière arrachée à l'autre [2].

J'ai employé, dans ce dernier travail, la même machine à influence que dans mes précédentes recherches sur ce

[1] Mémoire présenté à l Académie des Sciences de Stockholm, dans sa séance du 13 octobre 1869. (*Pogg. Annalen*, t. CXXXIX, p. 353.)

[2] Je désignerai dans la suite par le terme de « transport interpolaire, » la totalité du travail mécanique que le courant exécute dans l'arc voltaïque en arrachant des particules matérielles à l'une des deux électrodes, en leur imprimant une certaine vitesse, en déplaçant l'air sur son passage et en accomplissant d'autres effets encore.



genre de courants. A B (voir figure ci-contre) est le plateau mobile de cette machine; un fil de cuivre isolé *ac* part de la boule *a*, formant un des pôles de l'appareil; un second fil de cuivre *de* part de la boule de laiton *d*, qui est fixée en avant du second pôle *b*. Les extrémités de ces deux fils sont reliées par des fils de cuivre également isolés, d'une part aux deux boules *f* et *g*, d'autre part au galvanomètre G, que j'ai décrit ailleurs. Le pont *h* relie entre eux les deux bouts de fil qui aboutissent au galvanomètre; il se compose d'un fil en melchior; *l* sert à faire dériver une portion du courant dans le sol; *m* est un rhéostat dont le fil est fin et en melchior.

Les oscillations que l'aiguille du galvanomètre accomplit lorsque la machine est en activité, sont l'effet de trois courants différents, savoir : 1° de la portion du courant de la machine qui passe dans le fil du galvanomètre; 2° du courant de disjonction qui se forme lors du passage de l'étincelle électrique entre les deux boules *f* et *g* ; 3° des courants d'induction produits par la décharge dans la bobine du galvanomètre. Pour ce qui est du premier de ces trois courants, son intensité est si faible dans les circonstances ordinaires, par rapport à celles des deux autres, qu'on peut le négliger entièrement. L'effet produit par le courant de disjonction est beaucoup plus intense, mais il est considérablement diminué lorsque le courant d'in-

duction de la bobine du galvanomètre vient à passer entre les deux boules *f* et *g*. Comme je l'ai déjà montré dans un mémoire antérieur [1], l'étincelle produit l'effet d'une soupape électrique, l'un des deux courants induits égaux et de sens contraires qui parcourent le circuit fermé la traverse en plus fortes proportions que l'autre. C'est la différence de ces deux courants qui agit sur l'aiguille du galvanomètre, et il se trouve qu'elle est toujours de sens opposé au courant de disjonction, de façon à diminuer l'oscillation que l'aiguille accomplirait sous l'action de ce courant seul. Si donc l'on veut pouvoir comparer entre elles les intensités différentes que le courant de disjonction acquiert suivant les circonstances dans lesquelles on opère, il faut prendre la précaution de disposer les expériences de façon à ce que l'action exercée sur l'aiguille par les courants induits développés dans l'intérieur du galvanomètre, soit autant que possible annulée. Le meilleur moyen de réaliser cette condition est de relier par un pont, tel que *ik*, les deux fils allant au galvanomètre. Dans ce cas, il n'y a plus qu'une portion du courant de la machine qui passe par le fil du galvanomètre, et le courant induit qui y prend naissance est affaibli d'autant; en outre, parties égales des deux courants induits de sens contraire passent par le pont et n'agissent par conséquent pas sur l'aiguille du galvanomètre. La portion de ces deux courants qui passe à travers l'étincelle, peut seule exercer une action sur l'aiguille, et, pour qu'elle soit aussi petite que possible, il faut que la résistance que l'électricité rencontre dans le pont soit excessivement faible, comparée à celle qu'elle

[1] *Oefversigt af Vet. Academiens Förhandl.*, 1868, p. 457. — *Pogg. Annalen*, t. CXXXVI, p. 337. — *Archives*, 1869, t. XXXV, p. 130.

éprouve dans le rhéostat et dans l'étincelle. Mais plus l'on diminue la résistance du pont, plus l'on diminue aussi l'action du courant de disjonction sur l'aiguille, parce que ce dernier finit par passer presque en entier par le pont, au lieu de traverser le galvanomètre. L'on ne peut donc pas, dans la diminution à apporter à la résistance du pont, dépasser une certaine limite au delà de laquelle le mouvement de l'aiguille du galvanomètre deviendrait insensible.

Des expériences préliminaires me conduisirent à prendre comme pont un fil de melchior de 27 centimètres de longueur, et $0^{mm},7$ de diamètre. Je pus facilement m'assurer que, avec cette disposition, l'action des courants d'induction sur l'aiguille était à peu près annulée. Pour cela je procédai comme suit : J'introduisis dans le circuit, entre *m* et *h* une bobine d'induction (B) d'une construction identique à celle de la spirale du galvanomètre ; puis, en avant de cette bobine, je disposai, en guise de pont, un fil de melchior de mêmes dimensions que celui dont il a été question. Les deux bobines étant placées dans des conditions absolument identiques, devaient donner des courants induits d'intensités égales, et envoyer dans les deux ponts des courants dérivés égaux aussi. Si donc l'on peut démontrer que le courant induit provenant de la bobine B n'exerce aucune influence sur le mouvement de l'aiguille galvanométrique, on aura démontré du même coup, que l'effet des courants induits dans la spirale du galvanomètre est nul aussi sur cette même aiguille. Je vais donner ici les résultats de quelques-unes des expériences que j'ai exécutées pour résoudre cette question. Je ferai observer, auparavant, que la résistance dans tout le circuit conducteur et dans l'étincelle est si grande, com-

parée à celle de la bobine et à celle du fil de melchior, que l'on peut parfaitement ne tenir aucun compte de ces dernières.

Première expérience. Le fil de melchior fut placé entre *m* et *k*. Lorsque la machine fut mise en activité, l'on obtint les déviations suivantes de l'aiguille du galvanomètre :

35,5 divisions.
35,5 »

Moyenne...... 35,5 divisions.

Deuxième expérience. La bobine B fut introduite dans le circuit entre *m* et *k*, de façon à ce que le fil de melchior formât le pont en avant de cette bobine.

Déviations :
35,8
37,6

Moyenne...... 36,7

Troisième expérience. Pour voir s'il ne s'était point accompli de modification dans le jeu de la machine, la première expérience fut répétée et donna :

Déviations :
34,3
37,3

Moyenne...... 35,8

Ainsi donc, lorsque la bobine était accompagnée du pont, il n'y avait pas trace d'induction. Au contraire, lorsqu'on enlevait le pont, la déviation était réduite de plus de moitié.

Les expériences qui suivent furent exécutées dans les mêmes conditions que les précédentes, après toutefois que l'on eut doublé la résistance du rhéostat.

Quatrième expérience. Le fil de melchior était dans le circuit.

	Déviations :
	20,5
	21,5
	21,5
Moyenne......	21,2

Cinquième expérience. B était placé dans un circuit dérivé à côté du fil de melchior servant de pont.

	Déviations :
	21,6
	20,5
Moyenne......	21,0

Sixième expérience. Comme la quatrième.

	Déviations :
	22,8
	22.1
Moyenne......	22,4

Cette seconde série donna donc le même résultat que la première.

Pour étudier la nature de la force électromotrice de disjonction, dans le cas où l'étincelle électrique jaillit à travers des gaz différents, à des pressions différentes aussi, je fis usage d'un tube cylindrique en verre de 12 centimètres de longueur et de 7 centimètres de diamètre, fermé à ses deux extrémités par des plaques de laiton solidement vissées, de façon à tenir parfaitement le vide.

Au milieu de chacune de ces plaques était fixée une boîte à travers laquelle une tige de laiton passait à frottement doux, tout en produisant une fermeture hermétique-

que entre elle et une rondelle de cuivre qui l'entourait. Les électrodes de formes diverses avec lesquelles on voulait opérer étaient vissées à chacune des deux extrémités intérieures de ces tiges de laiton. Celles-ci portaient, à leurs extrémités extérieures, une pince destinée à recevoir le bout des fils conducteurs. L'une de ces tiges était graduée en millimètres, de façon à ce qu'on pouvait, dans chaque cas, mesurer exactement la distance des électrodes. Toutes deux étaient séparées des obturateurs et des boîtes par une couche isolante. L'un de ces deux obturateurs portait un robinet en laiton, muni lui-même d'un raccord, servant à le relier avec une pompe pneumatique. Le tube cylindrique en verre avait, dans toutes les expériences, une position horizontale.

Pour me convaincre que le pont remplissait encore entièrement son but lorsque l'étincelle jaillissait à travers un gaz raréfié, je plaçai le tube de verre entre les points c et e, et je fis le vide dans son intérieur jusqu'à une pression de 15 millimètres. L'étincelle se produisait donc en $f\,g$ dans de l'air raréfié.

Septième expérience. Le fil de melchior fermait le circuit.

	Déviations :
	15,7
	15,7
Moyenne......	15,7

Huitième expérience. La bobine B est introduite dans un circuit dérivé à côté du pont.

	Déviations :
	13,8
	13,0
Moyenne......	13,4

Neuvième expérience. Répétition de la septième.

	Déviations :
	12.0
	12.7
	15.5
Moyenne......	13,4

L'action des courants d'induction de la bobine n'était donc pas appréciable ici non plus, et il en fut encore de même lorsque le vide fut poussé jusqu'à 6 millimètres. Dans toutes les expériences dont il sera question dans la suite, le pont fut continuellement maintenu dans la même position, en avant du galvanomètre. Les déviations de l'aiguille furent donc toujours indépendantes des courants d'induction provenant de la spirale du galvanomètre. Lorsque je ne ferai point d'observations spéciales, il sera entendu que les électrodes se composaient de deux boules de laiton d'égales dimensions.

2. *Comparaison de l'air sec avec l'air saturé d'humidité, l'acide carbonique et l'hydrogène.*

Pour dessécher l'air, on le faisait passer lentement, avant de l'introduire dans le tube cylindrique en verre, par deux vases remplis de ponce sulfurique et un tube plein de chlorure de calcium.

Pour saturer l'air d'humidité, on le faisait circuler à travers un long tube de verre rempli de morceaux de papier imbibés d'eau.

Dixième expérience. Le tube de verre était rempli d'air saturé d'humidité.

	Déviations :
	36.8
	37.3
	42.3
	40.3
Moyenne......	39,2

Onzième expérience. Air sec.

Déviations :
49,7
52,0
53,0

Moyenne...... 51,6

Douzième expérience. Comme la dixième.

Déviations :
41,8
44,3
39,6

Moyenne...... 41,9

Une autre série d'expériences, faites dans des conditions un peu différentes, donna les résultats suivants :

Treizième expérience. Air saturé d'humidité.

Déviations :
35,8
35,3
38,3

Moyenne....... 36,5

Quatorzième expérience. Air sec.

Déviations :
44,5
42,0
42,0

Moyenne....... 42,8

Quinzième expérience. Comme la treizième.

Déviations :
34,5
34,0
35,5

Moyenne....... 34,7

La déviation est donc toujours plus forte avec l'air sec qu'avec l'air saturé d'humidité. L'on trouvait même une déviation notablement plus forte avec l'air sec qu'avec l'air de la chambre, qui cependant était bien loin d'être saturé d'humidité. L'on obtint une fois, par exemple, une déviation de 8 divisions avec l'air sec, et 6,1 divisions avec l'air non desséché.

On ne comprend pas bien pourquoi la déviation de l'aiguille est plus forte lorsque l'étincelle traverse un air desséché, que dans le cas contraire. L'on peut cependant attribuer ce fait, en partie, à ce que la formation de l'étincelle exige dans l'air sec une tension électrique plus forte que dans l'air humide. Avant le moment où l'étincelle jaillit, la tension électrique à la surface des deux pôles croît graduellement jusqu'à ce qu'elle ait acquis une intensité suffisante pour vaincre la résistance que lui oppose la colonne d'air interposée. C'est pourquoi dans l'air humide l'étincelle apparaît plus vite, et cela sous une tension électrique plus faible ; elle entraîne alors avec elle une moindre quantité de particules matérielles arrachées, aux électrodes, d'où il suit enfin une diminution de la force électromotrice de disjonction. Le pouvoir conducteur de l'étincelle dépendant évidemment de la quantité de particules métalliques entraînées d'un pôle à l'autre, est amoindri aussi du même coup. Puis donc que la force électromotrice et la conductibilité sont toutes deux diminuées lorsque l'air est humide, il doit s'ensuivre nécessairement aussi une diminution dans l'amplitude de la déviation de l'aiguille. Les expériences faites sur les gaz raréfiés ont paru s'accorder avec cette interprétation.

Seizième expérience. Le cylindre de verre fut rempli

d'acide carbonique, puis vidé, pour être rempli de nouveau du même gaz, et cela plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que l'on pût être sûr qu'il ne renfermait plus d'air. L'acide carbonique préparé au moyen de la réaction de l'acide chlorhydrique sur du marbre montra à l'essai qu'il ne renfermait pas sensiblement de gaz étranger. On le desséchait convenablement avant de l'introduire dans l'appareil décrit ci-dessus. Les deux électrodes dans l'intérieur du cylindre de verre durent être rapprochées dans le cas où l'on opérait sur ce gaz, parce que, sans cela, l'étincelle ne traversait pas. Aussi les déviations de l'aiguille furent-elles relativement faibles.

Avec l'acide carbonique l'on obtint de la sorte les déviations suivantes :

16,3
13,3
15,3
16,8

Moyenne....... 15,4

Dix-septième expérience. Le cylindre de verre fut rempli d'air non desséché.

Déviations :
6,2
6,2
7,2

Moyenne....... 6,5

Dix-huitième expérience. Comme la seizième.

Déviations :
17,0
15,5
14,0

Moyenne....... 15,5

Quelques autres expériences conduisirent au même résultat, à savoir que la déviation est notablement plus forte avec l'acide carbonique qu'avec l'air.

Dix-neuvième expérience. Le cylindre de verre fut rempli de gaz hydrogène, que l'on avait eu soin de dessécher avant de l'introduire dans l'appareil. L'on obtint, avec ce gaz, les déviations suivantes :

	13,5
	11,5
	11,5
Moyenne.......	12,2

Vingtième expérience. Le cylindre fut rempli d'air.

	Déviations :
	6,0
	5,5
	5,7
Moyenne.......	5,7

Vingt-unième expérience. Comme la 19me.

	Déviations :
	14,3
	15,3
	14,8
Moyenne.......	14,8

Dans le cas de l'hydrogène, la déviation fut donc encore notablement plus forte qu'avec l'air. En revanche, lorsque le tube eut été rempli de gaz d'éclairage, l'on obtint une déviation à peine plus forte qu'avec l'air. Avec le premier de ces deux mélanges gazeux, on observa une déviation de 13,5, avec le second, de 11,9.

3. *Loi suivant laquelle le courant de disjonction varie avec la densité du gaz traversé par l'étincelle.*

Pour étudier ce point spécial, j'exécutai des expériences avec l'air, l'acide carbonique et le gaz d'éclairage. Les deux premiers de ces trois gaz furent desséchés, le troisième en revanche ne le fut pas. Je ne donnerai ici que les moyennes des résultats obtenus.

Air.

Pression dans le cylindre de verre	1 atm.	140^{mm}	80^{mm}	40^{mm}	20^{mm}	4^{mm}
Déviations....	46	7.0	15.8	20.6	20.9	65.9
	42.7	6.5	13.7	—	—	56.1
		6.3	13.7			
			17.4			
Moyenne..	44,4	6,6	15,2	20,6	20,9	61,0

Lorsque la pression s'abaissa de 1 atmosphère à 140 millimètres, la déviation diminua de 44,4 à 6,6 divisions; puis elle augmenta de nouveau et arriva à être plus forte à 4 millimètres qu'à 1 atmosphère.

Les expériences exécutées avec l'acide carbonique desséché conduisirent au même résultat; la déviation atteignit un minimum vers 140 millimètres de pression pour recroître ensuite.

Acide carbonique.

Pression dans le cylindre de verre.	1 atm.	140^{mm}	80^{mm}	40^{mm}	20^{mm}	7^{mm}
Déviations ...	23,6	3,4	15,1	7,0	11,9	15
	—	3,0	19,9	8,7	16,5	—
Moyenne..	23,6	3,2	17,8	7,9	14,2	15,0

Dans le cas du gaz d'éclairage, on constata aussi que

la déviation diminuait avec la pression; mais les variations n'étaient pas aussi marquées avec ce gaz qu'avec les deux précédents.

Gaz d'éclairage.

Pression dans le cylindre de verre.	1 atm.	140mm	80mm	40mm	20mm	6mm
Déviations...	40,1	28,6	23,8	—	21,8	41,9
	39,2	27,1	26,3	24,9	25,0	49,3
Moyenne..	39,7	27,9	25,1	24,9	23,4	45,6

Le fait que les déviations commencent par diminuer pour augmenter ensuite, montre que les causes qui président à ces variations sont multiples. La grandeur de la déviation dépend de la force électromotrice, de la conductibilité de l'étincelle, et de sa durée. La force électromotrice diminue avec la pression, et cela par suite de la réduction que le transport interpolaire subit lorsque la tension électrique nécessaire à la production de l'étincelle s'affaiblit elle-même avec la raréfaction du gaz [1]. Si donc, comme on peut le présumer, la conductibilité du gaz aussi bien que la durée de l'étincelle s'accroissent au contraire lorsqu'il est plus raréfié, l'on peut alors expliquer le fait que nous venons de constater, à savoir que les déviations commencent par diminuer pour augmenter ensuite. Il faudra néanmoins faire de nouvelles expé-

[1] Dans un précédent travail j'ai admis, sans preuve expérimentale, que l'étincelle électrique n'est soumise à aucune modification appréciable, lorsqu'un courant galvanique la traverse dans l'un ou l'autre sens; j'ai fondé sur cette donnée une méthode pour la mesure directe de la force électromotrice de disjonction. Cette hypothèse s'est trouvée fausse. L'étincelle subit une modification considérable par le passage d'un courant galvanique, de telle sorte que les déterminations faites avec cette méthode ne peuvent être regardées comme exactes que dans le cas où l'étincelle n'est traversée par aucun courant galvanique.

riences pour décider si cette manière d'interpréter les faits est bien réellement la bonne.

Dans le cours de ces recherches et pour en contrôler les résultats, je fis quelques expériences avec des tubes de Geissler, afin de voir si je pourrais y trouver un courant de disjonction. Trois de ces tubes, qui étaient désignés comme contenant de l'oxygène, de l'hydrogène et du chlore, me donnèrent des déviations bien marquées ; deux autres, en revanche, dont le premier renfermait de l'acide carbonique, et dont le second n'avait point de désignation, ne donnèrent aucun indice d'un courant de disjonction.

4. *Influence de la forme des électrodes et du sens du courant sur le transport interpolaire et l'intensité du courant de disjonction.*

On sait que dans l'arc voltaïque l'usure du pôle positif est plus grande que celle du pôle négatif. Si l'on observe avec soin la forme des deux électrodes entre lesquelles l'étincelle de la machine à influence a jailli quelque temps, l'on distingue très-facilement l'électrode positive de la négative, parce qu'elle a été beaucoup plus modifiée par le passage du courant que cette dernière. L'électricité positive joue donc un rôle beaucoup plus considérable dans l'acte qui consiste à arracher les particules matérielles constituant les deux électrodes que l'électricité négative. Puisque l'électricité positive s'échappe facilement d'une pointe acérée, sans produire pour cela une plus forte usure, l'on peut supposer que si l'une des deux électrodes consiste en une pointe, l'autre en une plaque perpendiculaire à la direction du courant, le transport interpolaire devra être plus fort lorsque le courant

positif ira de la plaque à la pointe que dans le cas contraire. Il est probable, par conséquent, que lorsque la décharge passera de la plaque à la pointe, le courant de disjonction atteindra une plus grande intensité que lorsqu'elle s'accomplira dans l'autre sens, et cela parce que la force électromotrice de disjonction croît avec le transport interpolaire, et que la quantité de particules matérielles arrachées aux deux pôles augmentant, la conductibilité de l'étincelle augmente avec elle.

Pour vérifier l'exactitude de ce qui vient d'être avancé, je fixai à l'une des deux tiges de laiton pénétrant dans le cylindre de verre une plaque ronde également de laiton, ayant 27mm de diamètre, et à l'autre une pointe aiguë du même métal. Les expériences furent faites dans un espace rempli d'air.

22me *expérience.*

	La plaque négative.	La plaque positive.	La plaque négative.
Déviations....	28,9	36,6	27,4
	27,9	34,1	25,9
	27,4	31,9	24,6
	24,0	34,1	25,4
Moyenne.....	27,1	34,2	25,8

23me *expérience.* L'on exécuta les observations suivantes, après avoir un peu modifié la disposition de la machine, et avoir changé les deux rhéofores, de façon à ce que les déviations se produisissent de l'autre côté :

	La plaque négative.	La plaque positive.	La plaque négative.
Déviations....	35,4	47,3	36,5
	34,7	46,3	36,7
	34,0	44,3	35,7
		42,0	36,2
Moyenne.....	34,7	45,0	36,3

24me expérience. La pointe conique en laiton fut enlevée et remplacée par un fil de platine de 1mm de diamètre, enfermé dans un tube de verre de même diamètre, et de 3cm de longueur, l'enveloppant entièrement jusqu'à son extrémité. Avec cette nouvelle disposition l'on exécuta trois séries d'expériences consécutives, dans lesquelles la longueur de l'étincelle fut successivement 1mm, 2mm et 3mm. Il suffit de donner ici les moyennes des déviations obtenues :

	Longueur de l'étincelle.	La plaque positive.	La plaque négative.
Déviations....	1mm	12.0	8,1
	2mm	26,2	19,2
	3mm	47.5	37.6

Des expériences 22, 23 et 24 il ressort clairement que les courants de disjonction atteignent leur plus grande intensité lorsque la décharge positive va de la plaque à la pointe. La cause de ce fait est, comme nous l'avons dit déjà, que dans ce cas le transport interpolaire est plus grand que dans le cas contraire. Il est clair que la différence entre les deux courants de disjonction devra être plus faible, lorsqu'à la place de la plaque de laiton on emploiera une plaque semblable d'un autre métal, dont l'usure soit plus rapide, de telle sorte que le travail mécanique que la décharge doit exécuter dans ce transport interpolaire soit plus petit. Si l'on prend pour l'un des pôles une surface de mercure, au lieu d'une plaque de laiton, le travail mécanique que la décharge a à exécuter consiste essentiellement dans le fait de donner aux particules de mercure une certaine vitesse à l'instant de leur séparation d'avec la surface. Les expériences suivantes furent exécutées pour l'étude de ce cas particulier.

25me *expérience*. La pointe de laiton, employée déjà précédemment, fut placée verticalement au-dessus d'une capsule de porcelaine pleine de mercure. Le mercure fut relié par un fil conducteur au point *e*, la pointe au point C (Voir la fig. de la p. 6). L'on obtint de la sorte les résultats suivants :

	Mercure positif.	Mercure négatif.	Mercure positif.
Moyenne des déviations	37,2	43,0	40,1

La déviation était donc plus grande lorsque le mercure était négatif; dans les expériences précédentes, c'est le contraire qui avait lieu. Il faut donc que la force électromotrice de disjonction soit plus faible lorsque l'étincelle se produit entre des pôles de mercure qu'entre des pôles de laiton. Ce fait est confirmé, du reste, par les deux séries d'expériences qui suivent.

26me *expérience*. La pointe conique de laiton fut remplacée par une boule du même métal, ayant 17^{mm} de diamètre, et qui produisait, comme des expériences spéciales l'ont démontré, à peu près le même effet que la plaque employée précédemment. Deux séries d'expériences indépendantes l'une de l'autre, exécutées avec cette disposition-là, donnèrent les résultats suivants :

	Mercure négatif.	Mercure positif.	Mercure négatif.
Moyenne des déviations.	51,8	35,9	51,9
	28,4	16,9	29,2

D'où il suit que les déviations étaient notablement plus faibles lorsque la décharge positive allait de la surface de mercure à la boule de laiton que dans le cas contraire.

L'on pourrait objecter à ces dernières expériences que la surface du mercure ne demeure pas bien plane pen-

dant le passage de la décharge, mais qu'elle s'élève en pointe vers l'électrode opposée. Le fait que la déviation a été le plus faible lorsque la décharge positive allait de la surface de mercure à la boule tiendrait alors, suivant cette interprétation, à ce que la décharge allait d'une pointe à une boule. Or, il ne m'a pas été possible de constater une élévation semblable du mercure. D'ailleurs, une diminution aussi considérable de la déviation ne pourrait même pas s'expliquer, en admettant que la surface du mercure prenne la forme d'une pointe de mêmes dimensions que la pointe de laiton précédemment employée. Il faut donc de toute façon admettre que le mercure contribue, par sa nature même, à rendre la déviation plus faible. Ces expériences montrent simplement que la force électromotrice de disjonction est plus faible entre des pôles de mercure qu'entre des pôles de laiton ; mais elles ne donnent pas la mesure du rapport existant entre les deux valeurs différentes qu'affecte cette force. Pour effectuer cette mesure, dans le cas où les deux pôles sont en mercure, l'on procéda de la manière suivante :

Deux vases en verre, munis à leur partie inférieure d'un ajutage à robinet, furent remplis de mercure et disposés l'un à côté de l'autre, de telle sorte que les deux jets de mercure qui s'en échappaient se rapprochassent suffisamment pour qu'une étincelle pût jaillir entre deux. Le mercure était recueilli dans un vase de verre, et cela dans deux compartiments séparés. Lorsque les deux vases furent reliés, l'un avec le point *c*, l'autre avec le point *e*, et que la machine fut mise en jeu, on obtint des déviations si bien déterminées qu'il n'y avait plus de doute à avoir sur la nature de la force électromotrice du mercure, quant au point spécial qui nous occupe ici.

Je répétai les mêmes expériences après avoir rempli les deux vases, non plus avec du mercure, mais avec un mélange d'eau et d'acide sulfurique. Lors même qu'une étincelle très-faible, visible cependant dans l'obscurité, jaillissait entre les deux veines fluides, je n'observai point de déviation qui put être attribuée au courant de disjonction. Malgré ce résultat négatif, je ne doute cependant pas qu'il n'y ait dans ce cas, entre les deux pôles liquides, production de force électromotrice, lors même que les moyens que j'avais à ma disposition ne m'ont pas permis de le constater.

5. *Conductibilité plus grande de l'étincelle pour le courant induit de même sens que la décharge que pour l'autre.*

Dans un précédent Mémoire, j'ai démontré que, lorsque les courants produits par induction sont amenés à traverser une décharge électrique, ce sont les courants de même sens que cette décharge qui traversent le plus facilement. L'étincelle joue donc le rôle de soupape électrique; celui des deux courants induits opposés, qui va dans le même sens que la décharge préexistante, traverse en plus grandes proportions que le courant opposé. Néanmoins, l'on peut se convaincre, ne fût-ce qu'à l'aspect de l'étincelle, que l'autre courant passe aussi en une certaine mesure. Quand la bobine d'induction est placée dans le circuit entre *e* et *g* (voir la figure de la page 6), l'étincelle s'affaiblit et ne peut pas franchir entre les deux boules un aussi grand intervalle que lorsque l'on enlève la bobine; d'où il suit que le courant d'induction développé à l'instant où l'étincelle commence à passer, et de sens contraire traverse

réellement la décharge. Dans ce cas, l'intensité de l'étincelle est diminuée par l'induction ; en même temps, la courbe qui donne l'expression graphique de cette intensité se trouve aplatie. Si, au contraire, la bobine d'induction est disposée entre *e* et *k*, l'intensité de l'étincelle augmente, et cela parce qu'alors le courant d'induction développé au début du passage de la décharge est de même sens que celle-ci. L'étincelle est plus forte et peut franchir un plus long espace que lorsque l'on enlève la bobine. Maintenant l'on pourrait être tenté d'admettre que si l'introduction de la bobine entre *e* et *g* ou *e* et *k* diminue la déviation produite par le courant de disjonction, cela ne tient pas à ce que le courant de même sens que la décharge traverse en plus fortes proportions, mais à ce que la courbe donnant la représentation graphique de l'intensité de l'étincelle change peut-être de forme quand même les deux courants passent en égales proportions. Il est facile néanmoins de s'assurer qu'il n'en est point ainsi.

Nous admettons, pour un instant, que les deux courants traversent l'étincelle en proportions parfaitement égales ; cela étant, les quantités d'électricité qui passent dans un sens et dans l'autre devront aussi être absolument égales, tant lorsque la bobine est dans le circuit que lorsqu'elle n'y est pas. Ce ne peut donc être que le changement apporté par l'introduction de la bobine entre *e* et *g* ou entre *e* et *k* à la courbe d'intensité de l'étincelle qui fait, dans ce cas, que l'impulsion imprimée par le courant à l'aiguille du galvanomètre se trouve diminuée. Mais maintenant il convient de remarquer que l'intensité de l'étincelle augmente lorsque la bobine est

placée entre *e* et *k*, tandis qu'elle diminue lorsque la bobine est introduite entre *e* et *g*. Deux modifications opposées dans l'intensité auraient donc toutes deux, avec cette manière de voir le même résultat, savoir une diminution de l'effet produit par le courant de disjonction sur l'aiguille aimantée. Ceci ne pourrait s'expliquer qu'en admettant que la déviation produite par le courant de disjonction, en l'absence de tout courant induit, soit un véritable maximum, et qu'un changement quelconque apporté aux conditions dans lesquelles s'accomplit l'étincelle ne puisse que la diminuer. Mais la déviation n'atteint point dans ce cas un maximum; car, dans tous les cas possibles, elle se trouve réduite par l'introduction de la bobine; que l'intervalle entre les deux boules soit long ou court, qu'il y ait ou non un pont en avant du galvanomètre, que les bouteilles de Leyde dépendantes de la machine aient de grandes ou de petites armatures, ou que d'autres conditions encore, qui influent sur la forme de la courbe, viennent également à varier, l'effet produit par l'introduction de la bobine d'induction sera toujours le même. Il suit de là que les deux courants induits ne peuvent pas traverser l'étincelle en proportions égales.

Mais l'on pourrait dire alors que ce ne sont pas les courants passant par l'étincelle dans le même sens que la décharge qui traversent le plus facilement et dans les plus fortes proportions, mais bien plutôt les courants de sens opposé à la décharge, mais de même sens que le courant de disjonction. Ces derniers s'ajoutent naturellement au courant de disjonction, et augmentent d'autant la déviation de l'aiguille galvanométrique; toutefois, ils produisent en même temps une telle diminution du trans-

port interpolaire que, somme toute, la déviation de l'aiguille se trouve diminuée. L'on peut avancer plus d'une preuve contre cette interprétation. La meilleure est encore celle qui ressort des expériences qui vont suivre.

Nous admettons, pour le moment, que le courant d'induction de sens opposé à la décharge, de même sens par conséquent que le courant de disjonction, est celui qui traverse le plus facilement l'étincelle, et diminue de la sorte, comme nous venons de le voir, la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Pour mieux comprendre cette action, que l'on se représente les choses comme suit : Le dit courant d'induction produit une usure des électrodes; il se développe de la sorte un courant de disjonction de sens opposé au courant de disjonction primitif, et diminuant par ce fait même la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Or, nous savons, par les expériences 22 à 24, que le courant de disjonction atteint une valeur maxima lorsque la soupape est disposée de façon à ce que la décharge aille de la plaque à la pointe. D'où il suit que la déviation de l'aiguille du galvanomètre doit être le plus faible, dans le cas où le courant d'induction dont il est ici question va de la plaque à la pointe, ou, ce qui revient au même, lorsque la décharge va de la pointe à la plaque. Mais les expériences qui vont suivre montreront que c'est précisément le contraire qui a lieu. L'interprétation en vertu de laquelle le courant d'induction de sens opposé à la décharge serait celui qui traverse le plus facilement l'étincelle n'est donc pas admissible. Pour ces expériences, l'on avait vissé la rondelle de laiton, déjà employée précédemment, à l'une des deux tiges contenues dans le cylindre de verre, à l'autre tige était fixé

le fil de platine enfermé dans une tube de verre. La pression dans l'intérieur de ce cylindre était de 1 atmosphère.

27[me] *expérience.* La soupape fut d'abord tournée de façon à ce que la décharge positive de la machine allât du fil à la plaque. L'on obtint alors :

	Sans bobine d'induction.	Bobine entre *e* et *k*.	Sans bobine.
Moyenne des déviations....	37,1	6,2	37,6

La soupape fut ensuite retournée, de sorte que la décharge allait de la plaque au fil :

Moyenne des déviations....	47,4	8,5	46,2

L'induction produit sur la déviation de l'aiguille une diminution mesurée par $\frac{37,1+37,6}{2}-6,2=31,2$ divisions dans le premier cas, par 38,3 divisions dans le second. Cette diminution est donc plus grande dans le second cas que dans le premier, contrairement à l'hypothèse ci-dessus.

28[me] *expérience.* Cette expérience fut identique à la précédente, sauf en ce qui concerne la position de la bobine, laquelle fut disposée cette fois sur le pont, entre les points *e* et *g*. En premier lieu, la décharge de la machine allait du fil à la plaque.

	Sans bobine.	Bobine entre *e* et *g*.	Sans bobine.
Moyenne des déviations....	38,4	5,9	38,7

La soupape ayant été retournée, et l'étincelle allant de la plaque au fil, l'on eut :

Moyenne des déviations....	45,0	5,1	48,6

Cette expérience confirme la précédente. Ce ne peut donc pas être le courant d'induction opposé à la décharge qui traverse l'étincelle le plus facilement, mais ce doit être l'autre.

Maintenant que l'on a acquis la certitude que c'est le courant induit de même sens que la décharge qui traverse le plus facilement l'étincelle, l'on peut tirer des expériences qui précèdent une autre conclusion. Elles montrent, en effet, que la diminution apportée par le courant induit à l'amplitude de la déviation est plus grande lorsque ce courant traverse l'étincelle de la plaque à la pointe que dans le cas contraire. Un courant d'induction qui traverse une étincelle passe plus facilement lorsqu'il va de la plaque à la pointe. Ce résultat, qui se rapporte au cas où l'étincelle jaillit dans un espace rempli d'air, est au fond le même que celui que M. Riess avait trouvé pour une étincelle jaillissant dans l'air raréfié.

6. *Action réciproque des courants d'induction et de disjonction, prépondérance de l'un ou de l'autre.*

Nous venons maintenant au cas où la décharge électrique traverse une spirale en produisant un courant induit dans une spirale voisine (spirale d'induction). Quand cette dernière est reliée à un galvanomètre, et que ses extrémités communiquent ensemble au moyen d'un circuit métallique continu, l'on n'obtient point de déviation, parce que les deux courants induits de sens contraires sont égaux. Si, en revanche, il y a dans ce circuit un intervalle où se produise une étincelle, l'aiguille aimantée est déviée sous l'action prépondérante d'un cou-

rant qui va dans le même sens que la décharge. Lorsque l'étincelle jaillit dans l'air raréfié, les choses se passent ainsi, du moins dans les conditions ordinaires, quelle que soit la forme des électrodes. L'on a alors, en réalité, quatre courants différents, savoir deux courants d'induction et deux courants de disjonction. Si l'on introduit un galvanomètre dans le circuit, en y joignant un pont convenablement disposé, le système des courants est encore plus complexe. Les deux courants induits ont la même force électromotrice, et si le passage à travers l'étincelle opposait à tous deux la même résistance, leur action sur le galvanomètre serait complétement nulle. Quant aux courants de disjonction, leurs forces électromotrices ne peuvent en aucune façon être égales. Le premier courant d'induction, celui qui est de sens opposé à la décharge, a une couche d'air très-dense à traverser, et comme cela ne peut se faire qu'avec une tension électrique assez forte, ce passage est accompagné d'un grand transport interpolaire. Le second courant d'induction, celui qui est de même sens que la décharge, suivant immédiatement le premier, trouve sur son passage un air raréfié, et produit de la sorte une beaucoup moindre usure des électrodes. Le premier courant d'induction doit donc donner naissance au courant de disjonction le plus intense. Ce dernier, lequel est de même sens que le second courant d'induction, est celui qui produit la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Pour se rendre compte de l'action en vertu de laquelle le premier courant d'induction produit le plus fort courant de disjonction, il n'est point nécessaire de recourir à une propriété spéciale; elle s'explique, en effet, suffisamment par le fait que c'est ce courant qui donne

naissance à l'étincelle. Lorsque les électrodes se trouvent dans un espace fermé, où l'on peut faire le vide, l'on voit diminuer la force électromotrice du courant de disjonction dans le même rapport que la pression En définitive, la force électromotrice des courants d'induction, laquelle ne dépend pas de la densité de la couche d'air traversée, devient plus grande que l'autre, et alors ce sont les courants d'induction qui deviennent la cause principale des déviations de l'aiguille aimantée.

M. Riess[1] a montré qu'en changeant le sens d'une soupape électrique introduite dans le circuit d'un courant induit, et en modifiant la pression dans son intérieur, on obtenait les résultats suivants : Quand l'étincelle se produit à la pression atmosphérique, l'aiguille d'un galvanomètre disposé dans le circuit dévie du même côté que sous l'action du second courant d'induction. Pour ce cas-ci, le sens dans lequel l'aiguille dévie est indépendant du sens dans lequel le second courant d'induction traverse la soupape. Quand le dit courant va de la plaque à la pointe, et que l'on raréfie graduellement l'air dans l'intérieur de la soupape, les déviations de l'aiguille du galvanomètre s'accomplissent toujours du même côté; mais elles diminuent d'abord de plus en plus jusqu'à une certaine limite, à partir de laquelle elles regagnent de nouveau en intensité, tandis que l'on continue à faire le vide. Si, au contraire, la soupape est tournée de façon à ce que le second courant d'induction aille de la pointe à la plaque, les déviations de l'aiguille diminuent plus rapidement, à mesure qne l'on fait le vide, jusqu'à changer de

[1] Abhandlungen über die Lehre von der Reibungs-Electricität. Berlin, 1867, p. 316. (*Poggend. Annalen*, tome CXX, p. 513.)

sens, et à augmenter ensuite de plus en plus lorsqu'on raréfie l'air davantage.

Ces faits étaient difficiles à interpréter avant la découverte des courants de disjonction. Maintenant il est aisé de s'en rendre compte. La déviation que l'on obtient lorsque la soupape est pleine d'air ne provient pas, comme on le pensait, du second courant d'induction, mais du courant de disjonction, résultant du premier courant d'induction. Lorsqu'on fait le vide, le courant de disjonction devient plus faible, tandis que les courants d'induction gagnent de plus en plus en intensité, jusqu'à ce qu'enfin ce soient eux qui déterminent le sens de la déviation. Or, nous savons, par les résultats des expériences 27 et 28, que c'est lorsqu'il va de la plaque à la pointe qu'un courant d'induction traverse le plus facilement l'étincelle. Si donc la soupape est tournée de façon à ce que le second courant d'induction se dirige de la plaque à la pointe, le sens des déviations de l'aiguille aimantée demeurera invariable, tandis que l'air dans l'intérieur sera de plus en plus raréfié. Mais la déviation de l'aiguille aimantée n'est pas occasionnée dans tout le cours de l'expérience par le même courant ; lorsque la pression est élevée, c'est le courant de disjonction qui exerce l'action principale sur l'aiguille aimantée ; lorsque l'air est suffisamment raréfié, c'est le second courant d'induction qui joue le rôle prépondérant. Si, au contraire, la soupape est tournée de telle sorte que ce soit le premier courant d'induction qui aille de la plaque à la pointe, ce courant déterminera le sens de la déviation une fois que l'air aura été suffisamment raréfié. Dans ce cas, le sens de cette déviation doit donc changer à l'instant où, en faisant

le vide, on aura dépassé une certaine limite. Dans l'espace plein d'air, c'est le courant de disjonction qui l'emporte; dans l'air raréfié, c'est au contraire le premier courant d'induction.

Les expériences précédentes nous ont fourni un moyen très-simple de reconnaître si une déviation quelconque de l'aiguille aimantée est produite par un courant de disjonction ou par un courant d'induction. En effet, les expériences 22, 23 et 24 montrent que, dans le cas d'une étincelle jaillissant entre une plaque et une pointe, le courant de disjonction acquiert sa plus grande intensité lorsque la décharge va de la plaque à la pointe, et lui-même, par conséquent, de la pointe à la plaque. Les expériences 27 et 28 montrent, en outre, que lorsqu'un courant d'induction produit une déviation de l'aiguille aimantée, celle-ci atteint sa valeur maxima lorsque le courant va de la plaque à la pointe. Ainsi donc, si l'on obtient une plus forte déviation en faisant passer le courant, dont elle dénote la présence, de la pointe à la plaque, que dans le cas contraire, l'on a à faire à un courant de disjonction; si, au contraire, la déviation est plus grande quand le courant va de la plaque à la pointe que pour la position inverse de la soupape, on peut être sûr que l'aiguille se déplace sous l'influence d'un courant d'induction. Cette règle est sans exception pour tous les cas où la déviation constatée ne se produit que sous l'action d'un courant de disjonction, ou sous l'action d'un courant d'induction. Mais si ces deux courants agissent simultanément dans des proportions égales, la règle que nous venons d'établir pourra, on le voit clairement, se trouver en défaut.

M. Riess a reconnu que dans le cas où l'air de la sou-

pape est à la pression atmosphérique, la plus forte déviation se produit lorsque le second courant induit, lequel, suivant lui, détermine seul le sens de cette déviation, va de la pointe à la plaque. Comme nous venons de le voir, c'est là une preuve que, dans ces conditions, la déviation obtenue résulte d'un courant de disjonction.

Les expériences qui suivent confirment cette observation, et démontrent, une fois de plus, que c'est bien à un courant de disjonction que l'on a à faire dans ce cas. L'expression « plaque positive » signifie que le second courant d'induction allait de la plaque à la pointe, et l'expression « plaque négative » indique le contraire.

29me expérience.

	Plaque positive.	Plaque négative.	Plaque positive.
Moyenne des déviations....	19,6	30,8	22,8

30me expérience.

	Plaque positive.	Plaque négative.	Plaque positive.
Moyenne des déviations....	12,3	19,2	12,2

Ce fait singulier, en vertu duquel le sens de la déviation ne change pas lorsqu'après avoir donné à la soupape pleine d'air la position correspondant au minima de cette déviation, l'on raréfie l'air dans son intérieur; ce fait, dis-je, trouve ici son interprétation.

Il paraît inexplicable, à première vue, que le courant de disjonction puisse exercer sur l'aiguille aimantée une action beaucoup plus énergique que la décharge, dont il est une conséquence. Il semble que l'effet direct de la décharge sur l'aiguille devrait être tout aussi grand que celui qui se produit lorsque ce courant primitif a d'abord

donné naissance à un courant de disjonction, qui lui, à son tour, fait dévier l'aiguille aimantée. Il est cependant facile de se convaincre que cette contradiction n'est qu'apparente. Le fait que l'électricité consiste en un mouvement ne peut être soumis à aucun doute; mais ce mouvement implique la présence de quelque chose qui se déplace, quoi que ce soit, les dernières particules du corps, l'éther, ou quelque autre matière. Si donc l'on appelle M la masse mise en mouvement dans le cours de la décharge électrique, et V sa vitesse, MV^2 sera la force vive dépensée dans ce déplacement. Si m désigne de la même manière la masse mise en mouvement dans le courant de disjonction, v sa vitesse, mv^2 sera la force vive du courant de disjonction. Cette dernière quantité ne peut pas être plus grande que MV^2, mais elle peut être plus petite, parce que jamais la force vive de la décharge ne sera transmise tout entière au courant de disjonction. Si donc la déviation de l'aiguille aimantée était proportionnelle à la force vive du courant qui la produit, il serait impossible que la déviation provenant du courant de disjonction fût plus grande que la déviation produite directement par la décharge; l'action exercée par le courant sur l'aiguille aimantée n'est pas proportionnelle à la force vive, mais à l'intensité du courant, c'est-à-dire à mv. Or, celle-ci peut facilement être beaucoup plus grande que MV, quoique mv^2 soit nécessairement inférieur, ou tout au moins égal à MV^2. Si, par exemple, $M=1$ et $V=100$ $MV^2=10000$; si, de plus, $m=10000$ et $v=1$, $mv^2=MV^2$, mais $mv=100$ MV. Dans la décharge électrique, la masse en mouvement est très-petite, mais sa vitesse est très-grande; dans le courant de disjonction, en revanche, les

proportions sont renversées. Par le travail mécanique que la décharge exerce dans l'étincelle, l'un de ces éléments du mouvement se transforme dans l'autre.

Avant de terminer, je remarquerai encore qu'il serait désirable, suivant moi, de soumettre à une révision les recherches concernant l'étincelle électrique entreprises avant la découverte du courant de disjonction. Quels que soient les soins qui ont pu être apportés aux expériences faites précédemment sur ce sujet, les conclusions qu'on en a déduites peuvent difficilement être exactes ou complètes, puisque cette forme de l'électricité n'était pas connue au moment où elles ont été exécutées.

DESCRIPTION

DE

LA TERRASSE D'ALLUVION

SUR

LAQUELLE EST BATIE LA VILLE DE GENÈVE

DISPOSITION REMARQUABLE DES COUCHES SUR LESQUELLES REPOSE LE TERRAIN SUPÉRIEUR

PAR

M. le Professeur D. COLLADON

La ville de Genève a été anciennement bâtie sur une terrasse à peu près triangulaire, qui s'avance jusqu'au Rhône, et que limitent de chaque côté des talus raides aboutissant, d'une part, à l'extrémité ouest du lac Léman, de l'autre à la plaine de la rivière d'Arve qui se jette dans le Rhône, à un kilomètre en aval du lac.

Cette terrasse, élevée de 30 à 32 mètres au-dessus du Léman, se prolonge en s'élargissant vers le sud-est et forme le *plateau des Tranchées,* puis les deux plaines de *Contamine* et de *Champel.*

Des fouilles larges et profondes, pratiquées récemment sur le plateau des Tranchées et la plaine de Contamine, m'ont permis d'étudier sur plusieurs points la disposition générale des couches d'alluvion qui composent le sous-sol de cette terrasse. Cette disposition remarquable m'a paru mériter l'attention des géologues et de tous ceux qui portent intérêt à l'étude des transformations antiques du bassin du Léman.

La planche jointe à cette notice fera saisir d'un coup-d'œil ce que cette disposition des terrains offre de plus remarquable.

Au-dessous de la couche végétale, T, T, de profondeur variable, on trouve un banc G, G, d'une épaisseur à peu près uniforme, et entièrement composé de couches horizontales de graviers et de galets, avec quelques traces de couches minces de sables qui sont aussi disposées horizontalement.

Ce banc, G, G, se termine inférieurement en plan horizontal, A, A, parfaitement distinct. J'ai reconnu, par un nivellement, que ce plan terminal, A, A, est situé à $3^m,90$ plus bas que le plancher de la salle de l'observatoire, c'est-à-dire, à $28^m,342$ au-dessus du niveau moyen du Lac.

Immédiatement au-dessous de ce banc horizontal, et contre ce plan, A, A, on voit s'arrêter brusquement, sans aucune transition, ni inflexion, une multitude de couches sablonneuses *m*, *n*, fortement inclinées, disposées avec une grande régularité, et présentant un nombre étonnant de lames, parfaitement distinctes, en général parallèles, et qui, dans les couches dont le sable est fin, ont une certaine analogie avec des piles de feuilles de carton inclinées et vues par leur tranche.

Ces couches sablonneuses sont mélangées de couches de menus graviers, ayant la même allure, mais moins régulières et moins striées; elles offrent aussi quelquefois des traces de glissements partiels de peu d'étendue. L'angle d'inclinaison est en général supérieur à 30 degrés pour toutes les couches visibles; la ligne de plus grande pente forme, avec le plan horizontal, un angle compris entre 30 et 40 degrés et s'élève parfois jusqu'à 45 degrés.

Le fait le plus remarquable, c'est cet arrêt général et sans transition de toutes les couches inclinées qui disparaissent brusquement pour faire place au banc horizontal, G, G.

On a peine à se rendre compte de la révolution qui a dû s'opérer pour produire cet effet, il semble à première vue que cet ensemble de couches inclinées, *m, n,* a eu son prolongement tranché par un vaste rasoir promené horizontalement, que toute la partie supérieure coupée a disparu, et qu'à sa place il s'est déposé une série de couches de matériaux roulés plus volumineux, superposées selon des plans horizontaux.

Sur toute la surface du plateau des Tranchées, et dans les points de la plaine de Contamine qui ont pu être explorés, j'ai retrouvé ces mêmes couches inclinées, *m, n,* et partout leur talus était dirigé vers le lac, sauf de légères déviations accidentelles pouvant provenir de quelque glissement partiel, ou d'un tassement. L'étendue de la surface où j'ai pu, à l'occasion de fouilles partielles, retrouver ces couches inclinées dépasse douze hectares ; il est probable qu'elles se retrouveront sous une surface beaucoup plus étendue. Ce sera un sujet de recherches fort intéressant à poursuivre quand de nouveaux déblais le permettront [1].

En profondeur, je n'ai pu suivre les couches *m, n,* que jusqu'à 14 mètres environ au-dessous du plan horizontal A, A. On peut prévoir qu'elles s'arrêtent à un niveau supérieur à celui du lac, et qu'elles s'arcboutent contre un lit étendu d'argile glaciaire qui plonge sous le

[1] Une fouille toute récente place du Bourg-de-Four, dans la ville, a montré des couches *m, n* ayant leur talus dirigé vers le nord-nord-ouest.

Rhône à l'extrémité du lac. Ce banc d'argile, d'une épaisseur considérable, se relève en pente douce du côté du sud-est, et arrive au jour à 1 ou 2 kilomètres de la ville[1].

On ne peut rien affirmer sur la manière dont les couches inclinées se comportent près de cette base ; il me paraît cependant probable qu'elles doivent se raccorder en s'infléchissant un peu et qu'on trouvera là un mélange de gravier et de quelques gros galets dispersés dans cette base du talus sablonneux ; cette supposition est liée à une théorie des terrasses sous-lacustres, qui sera discutée dans cette notice.

J'ai dit que l'on retrouve partout sur le plateau des Tranchées les traces des couches inclinées *m*, *n* ; elles manquent quelquefois, près de la surface du sol, lorsque celui-ci a été remanié, mais on est sûr de les rencontrer en creusant plus bas.

Il n'en est pas de même du banc horizontal G, G, qui, étant à la partie supérieure et n'ayant qu'une épaisseur de 2 à 3 mètres, a disparu dans la plupart des fouilles, surtout dans la partie du plateau la plus voisine de la ville où le sol a été abaissé au-dessous du plan A, A, pour servir de remblai dans les anciens fossés des fortifications.

Ce banc G, G, existe encore dans les parties sud-est du plateau qui sont les plus élevées, et dans celles de Contamine et de la plaine de Champel contiguës aux Tranchées ; là aussi le relief de la surface du sol paraît être le même que dans les temps anciens.

[1] Sous le plateau des Tranchées, ce lit d'argile doit exister à 20 ou 25 mètres au-dessous du plan A, A. L'examen du mode d'arcboutement de ces couches *m*, *n*, contre le lit de glaise, sera du plus haut intérêt pour l'explication de leur origine ; il est bien désirable qu'une fouille profonde permette d'étudier ce raccordement sur une longueur suffisante.

Une remarque générale essentielle sur la constitution physique de toutes ces couches horizontales et inclinées, c'est leur remarquable analogie quant à la nature des matériaux qui les composent, avec les galets, les graviers et les sables que l'Arve charrie et dépose sur ses bords; leurs éléments, en grande partie siliceux, se composent essentiellement de débris roulés de roches primitives; aussi les sables des Tranchées sont-ils très-recherchés par les entrepreneurs comme donnant des mortiers aussi tenaces que les sables de l'Arve[1].

Nulle part cependant, le long du lit de l'Arve, on n'a encore signalé des couches récentes très-inclinées, et disposées comme celles, *m, n,* que je viens de décrire; les sables et les graviers, que cette rivière charrie et dépose près de ses rives, dans les grandes crues, sont toujours disposés en couches parallèles à fort peu près horizontales.

Quelles peuvent être les causes de la bizarre structure du terrain ancien qui compose cette terrasse d'alluvion? comment expliquer ces couches multiples fortement inclinées, surmontées d'un toit de gravier qui a été déposé en couches horizontales?

Ces causes se trouvent assez nettement expliquées, si on admet, avec la plupart des géologues, que le lac Léman a eu anciennement un niveau bien plus élevé que celui actuel[2], et si on accepte l'ingénieuse théorie de la

[1] Les galets et les petits cailloux plats sont en général déposés dans la direction des couches où ils se trouvent; ils sont placés horizontalement dans la couche GG, et ils sont inclinés parallèlement au talus dans les couches *m n*.

[2] H.-B. de Saussure a dit, dès 1780, *Voyage dans les Alpes*, paragraphe 215, en parlant d'un lac très-étendu qui, selon lui, avait couvert une grande partie de la vallée du Léman : « A mesure que les eaux s'abaissaient, les collines élevaient leurs têtes au-dessus d'elles;

formation de quelques terrasses sous-lacustres, que M. B. Dausse à développée dans deux notices qui ont paru en 1866 et en 1868 dans le bulletin de la Société géologique de France.

D'après cette théorie, les couches inclinées et leur recouvrement horizontal sont dus à un affluent qui, en amenant périodiquement des graviers et des sables dans un lac, les verse à son embouchure dans une eau profonde et tranquille, où elles s'étendent en talus et en cône de remblai formé de couches superposées et très-inclinées jusqu'à l'époque où le remblai, ayant atteint ou dépassé le niveau du lac, devient un delta sur lequel coule le fleuve, et qu'il inonde quelquefois dans ses crues exceptionnelles, abandonnant sur cette plaine des lits de sables et de graviers qui s'accumulent en couches, à fort peu près horizontales.

Cette explication rend très-bien compte de tous les faits énumérés plus haut, et elle me paraît de nature à être adoptée par les géologues. Ce qui la rend très-probable, c'est que, jusqu'à présent, on ne cite qu'un nombre restreint de terrasses constituées comme il vient d'être dit, et que ce n'est que près de l'embouchure d'une rivière ou d'un torrent qu'on les a rencontrées.

M. Dausse déclare que M. Antonio Nobili, habitant des bords du lac d'Orta en Piémont, avait avant lui fait

celle dont Genève occupe aujourd'hui le faîte fut longtemps une presqu'île entourée d'eau de toute part, excepté du côté de Champel. » Le professeur Alph. Favre, dans ses *Recherches géologiques* publiées en 1867, cite une multitude d'observations qui tendent à prouver que le lac de Genève a dû se maintenir dans les temps préhistoriques, et pendant de longues périodes, à des hauteurs approximatives de 77 mètres, puis de 55 mètres, puis de 30 mètres, puis de 11 mètres au-dessus de son niveau actuel (tome I, p. 32 à 55).

quelques observations analogues sur ces terrasses, et cherché leur origine dans une ancienne élévation du niveau des lacs ; mais il me semble que M. Dausse a eu le mérite incontestable de baser cette théorie sur plusieurs explications techniques et sur de nouveaux faits qu'il a consignés dans les notices de 1866 et 1868.

Il est regrettable que M. Dausse ait indiqué ces faits sommairement, et qu'il n'ait pas donné de description détaillée avec des mesures plus précises et plus nombreuses [1].

J'ai reconnu, depuis la lecture des notices de 1866 et 1868, que la terrasse des Tranchées présente, avec une netteté extraordinaire et sur une grande échelle, des faits analogues à ceux mentionnés dans ces mémoires. Il m'a été facile d'examiner à loisir plusieurs sections partielles de ce plateau [2], et de prendre des mesures spéciales de distances et de hauteurs, destinées à déterminer l'emplacement des fouilles et le niveau des couches observées.

[1] Ainsi, je ne trouve pas dans ces notions la description détaillée du banc supérieur horizontal qui devait recouvrir les couches inclinées ; il n'est parlé ni de son épaisseur, ni de la nature des matériaux qui le composent. De même pour les couches inclinées M. Dausse ne donne pas d'indications précises sur leur nature spéciale, soit qu'il n'ait pu les voir que dans un rapide parcours, soit que les travaux incomplets des fouilles n'aient pas permis de les observer dans leur état régulier.

[2] Pour conserver une représentation exacte de ces sections et de ces couches, qu'il ne sera bientôt plus possible de reconnaître et d'étudier quand ce plateau sera couvert de rues et de maisons, j'ai fait photographier par M. H. Boissonnas, habile photographe, une de ces coupes de terrain prise près de l'observatoire et une fouille profonde dans la propriété de MM. Brolliet et Graff, sur la plaine de Contamine près des Tranchées. J'engage ceux qui découvriront des sections semblables dans d'autres localités à user du même moyen, car c'est le seul qui puisse donner une représentation exacte des faits.

J'ai pensé que mes observations, publiées à la suite de celles de MM. Dausse et Alphonse Favre, auraient encore de l'intérêt pour les géologues et pour l'étude du promontoire sur lequel a été bâtie très-anciennement la ville de Genève.

Dans sa note de mars 1866, M. Dausse avait désigné par l'épithète d'*arête de niveau,* ou *bord de la terrasse,* la ligne ou le plan horizontal qui termine brusquement les couches inclinées en talus raide, et il reportait à ce plan la hauteur approximative du niveau du lac à l'époque de la formation de ces couches. Dans la note qui a suivi (juin 1868), M. Dausse dit, page 758, qu'il a trouvé, par un nivellement approximatif, le bord de la terrasse supérieure de Saint-Gingolf à 29^{m},9 au-dessus du lac, le bord d'un lambeau de terrasse au Bouveret à 30^{m},3, et à Thonon à 32^{m},7 [1].

[1] Le niveau actuel du Léman varie de près de deux mètres chaque année ; il est regrettable que M. Dausse n'ait pas expliqué s'il s'agit du niveau moyen du Léman ou du niveau du lac à l'époque où il a pris ses mesures, et qu'il n'ait pu constater si les couches supérieures à cette arête étaient horizontales. Il ne dit pas non plus si la nature des dépôts supérieurs était la même que celles des couches inclinées, et en parlant des couches d'alluvion, il n'explique pas sur quelle hauteur verticale il a pu les suivre, ni quelle était leur nature et la dimension de leurs éléments.

Ces détails auraient ajouté un nouvel intérêt scientifique à ces notes qui en ont un déjà si marqué. J'ajouterai que dans sa notice de mars 1866, M. Dausse dit (page 450) : « L'arête qui termine la magnifique « terrasse de Thonon atteste à coup sûr que le Léman a été longtemps « plus haut qu'aujourd'hui d'environ 40 mètres. »

Il m'est impossible d'admettre avec M. Dausse (1866, p. 449) que les tassements partiels des dépôts du Rhône ou de la Dranse dans le lac puissent produire des seiches bien sensibles ; il faudrait pour cela qu'on eût remarqué près de ces embouchures d'énergiques déplacements d'eau instantanés, ce qui n'a jamais été signalé, il me semble,

Au nombre des fouilles que j'ai pu examiner, il en est deux : celle des caves de la maison que construit M. Urasco, à l'entrée du chemin de Florissant, et un vaste déblai rectangulaire, profond d'environ 7 mètres, que MM. Brolliet et Graff avaient pratiqué à 100 mètres de là, dans lesquelles j'ai retrouvé le banc supérieur GG dans son état primitif, et recouvert d'une couche de terre végétale; son plan inférieur était très-nettement accusé, et j'ai pu constater qu'à la distance de 120 mètres ce plan d'arête AA avait, à 30 centimètres près, le même niveau au-dessus du lac. La ligne AA, dans la fouille de M. Urasco, était à 28^{m},34 au-dessus du niveau moyen du lac, et la même ligne dans la fouille de MM. Brolliet et Graff, à un peu plus de 28 mètres au-dessus de ce niveau moyen.

Tous mes lecteurs seront frappés de ce rapprochement entre ces mesures exactes prises à Genève, et celles que M. Dausse a données comme des indications approximatives de l'altitude des arêtes de niveau des terrasses lacustres de Thonon, de Saint-Gingolf, et du Bouveret. On est en droit de conclure, que ces couches inclinées *mn* ont été déposées dans un lac dont le niveau dépassait celui du Léman actuel de 28 à 30 mètres, nombre peu différent des trois hauteurs indiquées par M. Dausse; ce rapprochement est d'autant plus remarquable que la terrasse des Tranchées est distante de 32 kilomètres de celle de Thonon, et de 59 kilomètres environ de celle du Bouveret.

Si le niveau du lac qui reçoit l'affluent s'abaisse lentement, ce qui paraît avoir été le cas de l'ancien lac Léman, le banc GG et le plan AA peuvent acquérir une inclinaison de quelques degrés par un abaissement progressif des dépôts et de la surface finale du delta formé par l'affluent.

La disposition des couches *mn* ne peut être attribuée ni à une inclinaison générale du sol, ni à d'anciens travaux humains. La régularité de ces couches, la constance de leur inclinaison sur une grande étendue, le relief général de la localité, l'aspect des couches supérieures du banc GG qui ont conservé leur horizontalité, sont autant de preuves qu'il n'y a pas eu primitivement de dépôt des couches *mn*, selon des directions à peu près horizontales et ensuite un versement général de l'ensemble de ces couches. — D'ailleurs, dans cette supposition, il est impossible d'expliquer comment l'extrémité supérieure des couches *mn* aurait disparu en laissant une plaine horizontale, au lieu de s'infléchir, ou de s'élever en colline à la partie sud-ouest du plateau.

Quant à la seconde supposition, celle d'une action humaine qui aurait disposé ces couches en talus et trié les matériaux, elle est absolument inadmissible, la continuité de quelques-unes de ces couches, leur subdivision en feuillets minces qui se continuent sur des longueurs de 15 à 20 mètres quoique leur épaisseur soit souvent moindre qu'un centimètre, l'immense volume des terrains qui sont constitués de la même manière dans toutes les parties de ce plateau, ne permettent pas d'hésiter à affirmer que toute cette masse a été stratifiée par une cause physique naturelle, et qu'elle a été déposée par l'alluvion d'une puissante rivière. On est conduit à admettre que cette rivière était l'Arve ancienne, charriant alors, comme aujourd'hui, des sables très-fins, des sables plus grossiers, des graviers et des galets, en très-grande partie quartzeux.

Je viens essayer d'ajouter une nouvelle preuve à l'appui de la théorie de M. Dausse, et je la trouve dans la

ténuité des lames accumulées, et dans leur étonnante homogénéité et continuité. — On chercherait vainement sur les bords de l'Arve, dans les dépôts qu'elle abandonne à l'air sur ses rives, quelque chose de semblable aux couches que j'ai étudiées dans les coupes du terrain des Tranchées. La planche jointe à cette notice ne saurait en donner une idée bien exacte, et il n'est pas possible de comprendre comment ces sables, de diverses grosseurs et apparences, ont été classés en couches homogènes, à moins de recourir à la puissante action d'un lac, qui, suspendant la vitesse du torrent, neutralisant l'effet subversif de ses crues, laissait en tout temps descendre avec régularité et lenteur, et s'accumuler en couches minces et uniformes sur les talus d'un delta immergé, les fragments quartzeux charriés en diverses saisons par la rivière. Fragments tantôt très-fins dans les sécheresses, tantôt plus grossiers, ou même mélangés de graviers et de menus galets, à l'époque des pluies ou de la fonte des neiges [1].

Les galets sont très-rares dans les couches inclinées, très-nombreux dans les couches d'alluvion du banc supérieur GG, et cela doit être ; l'embouchure d'un fleuve est toujours élargie, et le delta sous-lacustre précède, dans le lac, à une certaine distance et à quelque profondeur, le delta qui s'émerge ; c'est ce qu'on peut voir dans tous les lacs de la Suisse, quand leurs eaux sont transparentes.

La vitesse du courant est donc ralentie avant qu'il

[1] Quelques couches *m*, *n* sont entièrement composées de fragments dont la plus grande dimension varie de demi-millimètre à un dixième de millimètre. D'autres couches *m*, *n* sont formées de fragments plus gros, dont la longueur ne dépasse pas deux millimètres. D'autres de menus graviers mélangés de quelques galets ou de gros sables.

La couche horizontale G G est formée essentiellement de graviers et de galets, dont quelques-uns ont un décimètre cube.

atteigne le bord du talus de remblai, et avant ce moment les galets les plus volumineux se sont déposés. Peut-être, de temps à autre, quelque galet placé dans l'axe du courant atteint-il le bord du talus, mais alors il est probable qu'il roule ou glisse le long de la pente et s'enfonce près de la base. On a objecté à la théorie du dépôt sous-lacustre que les eaux chargées de sables, se mélangeant avec l'eau du lac, ces détritus devraient être transportés à de grandes distances, et se déposer en couches presque horizontales. Cette dispersion peut être vraie dans quelques cas, par exemple pour les rivières limoneuses; mais pour les torrents qui descendent des Alpes, elle n'est pas admissible, parce que les fragments quartzeux ont une densité trop différente de celle de l'eau, et que l'eau de l'affluent, plus froide pendant presque toute l'année que celle du lac, se précipite à la pointe du talus, glisse le long du remblai, et dépose presque immédiatement les sables charriés.

Toutes les personnes qui ont visité en bateau l'embouchure du Rhône, dans le Léman, ont pu voir ce curieux spectacle : l'eau du fleuve, troublée par les sables, ne se mêle pas aux eaux bleues et transparentes du lac. On la voit se précipiter vers le fond en tourbillons opaques dont on peut suivre la descente rapide et presque verticale jusqu'à plusieurs mètres de profondeur sous la surface; la séparation est si brusque, si tranchée, qu'il semble que ces deux liquides sont de composition différente et peu susceptibles de se mélanger.

En résumé, il ne me paraît pas que l'on puisse émettre aucune objection sérieuse contre la théorie ingénieuse et satisfaisante entrevue par M. Nobili et développée par M. Dausse, pour expliquer la formation d'anciennes ter-

rasses sous-lacustres près de l'embouchure des affluents torrentiels. L'homogénéité et l'uniformité des couches sablonneuses *m, n* me paraît un argument nouveau essentiel de la vérité du système.

Le plateau des Tranchées est évidemment un des exemples les plus remarquables de la constitution singulière que présentent ces terrasses, soit à l'intérieur du dépôt, soit à leur plan supérieur. Le voisinage de l'Arve, qui n'est éloignée que de 800 mètres environ des Tranchées et de Contamine, ne peut laisser aucun doute sur la rivière à laquelle on doit attribuer ces dépôts; leur analogie avec les matériaux charriés de nos jours par cette rivière, vient compléter la démonstration.

La netteté des indications qu'on peut déduire de l'observation des terrasses sous-lacustres fait espérer la solution de bien des problèmes géologiques.

On pourra, à la suite d'observations sur la hauteur de ces terrasses, affirmer, avec un haut degré de probabilité, que tel lac et telle mer ont eu dans les temps antéhistoriques un même niveau; que certaines plaines ont été longtemps des lacs s'élevant à des niveaux déterminables, et peut-être aussi que tel ruisseau faible aujourd'hui avait autrefois un volume beaucoup plus considérable, entraînant des matériaux ou de même nature, ou différents de ceux qu'il charrie à l'époque actuelle.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr Thomas ANDREWS. SUR LA CONTINUITÉ DES ÉTATS GAZEUX ET LIQUIDES DE LA MATIÈRE. (*Phil. Trans.*, 1869, p. 575.)

On se rappelle les observations faites en 1822 par Cagniard de la Tour sur divers liquides, tels que l'éther, l'alcool et l'eau, lesquels, chauffés dans des tubes de verre hermétiquement scellés, se réduisaient en vapeur dans un espace de deux à quatre fois plus grand que le volume occupé par le liquide. L'année suivante, Faraday réussit à liquéfier, *par la seule compression*, le chlore et quelques autres gaz. Plus tard, Thilorier obtint l'acide carbonique solide, et observa que le coefficient de dilatation de ce corps à l'état liquide l'emporte sur celui des gaz. Pouillet et M. Regnault ont étudié le changement de volume de quelques gaz soumis à une pression portée à vingt atmosphères. Puis Natterer a continué l'examen de ce sujet en poussant la pression jusqu'à 2790 atmosphères!

Dès 1861, le Dr Andrews, de Belfast, avait soumis l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, l'oxyde de carbone et l'oxyde d'azote à des pressions très-considérables en les exposant ensuite au froid de la pâte éthérée d'acide carbonique. Bien que réduits à moins de $^1/_{500}$ de leur volume, aucun d'eux ne montra l'apparence de la liquéfaction. Aussi, dans sa *Chemical Physics*, publiée en 1863, le Dr Miller avait-il inséré la communication suivante : « En liquéfiant partiellement l'acide carbonique par l'effet de la pression seulement, tandis qu'on élève graduellement la température à 31°,11 C. la surface de démarcation entre le liquide et le gaz devient plus vague, perd sa courbure et enfin disparaît. L'espace est alors occupé par un fluide homogène qui, lorsqu'on diminue subitement la pression ou qu'on abaisse légèrement la température, présente

l'apparence singulière de stries qui se meuvent au travers de sa masse entière. A des températures supérieures, à 30°,92, on ne peut obtenir aucune liquéfaction apparente de l'acide carbonique, ou de séparation de la matière en deux formes distinctes, même en produisant une pression de 300 à 400 atmosphères. L'oxyde nitreux s'est comporté de même. »

Dans ses recherches récentes, l'auteur s'est servi de tubes de verre présentant une première portion capillaire, suivie d'une partie plus large et terminée par une chambre cylindrique d'un diamètre intermédiaire. Fixé dans un socle métallique, ce tube, dans lequel on avait introduit le gaz, puis du mercure, recevait la pression d'un piston formé d'une vis d'acier longue de $0^m,180$, large de $0^m,004$, et dont le pas était de demi-millimètre. La pression pouvait atteindre plus de 400 atmosphères.

L'acide carbonique sur lequel on a opéré renfermait environ $^1/_{500}$ d'air dont il a été impossible de le purger. Il commence à se liquéfier sous la pression de 48,89 atmosphères à +13°,1, occupant un volume un peu supérieur aux $^3/_5$ de celui qu'un gaz parfait présenterait dans les mêmes conditions. Après sa liquéfaction, il cède à la pression beaucoup plus que les liquides ordinaires, et la compressibilité paraît diminuer à mesure que la pression augmente. L'énorme dilatabilité par la chaleur de l'acide liquide, observée par Thilorier, a été confirmée par le Dr Andrews.

Une seconde série d'expériences a été faite à 31°,1, soit à 0°,2 au-dessus du point de liquéfaction visible par la seule compression. En variant la pression et la température (celle-ci ne descendant jamais au-dessous de 30°,92), les grands changements de densité qui s'accomplissent autour de ce degré thermométrique produisent les mouvements striés, qui rappellent ceux de liquides mélangés à des densités différentes, ou ceux de colonnes d'air chaud s'élevant à travers des couches plus froides. Il est aisé d'ajuster la pression de telle sorte qu'une moitié du tube soit pleine de gaz, et l'au-

tre de liquide condensé. Au-dessous de la température critique, ce phénomène s'observe aisément, à cause de la surface de séparation visible entre le liquide et le gaz, et à cause du changement qui s'opère à cette surface dans l'image d'une ligne perpendiculaire quelconque placée derrière le tube. En revanche, au-dessus de 30°,92 l'observation la plus minutieuse est incapable de montrer une hétérogénéité quelconque dans l'acide carbonique tel qu'il existe dans le tube.

Le volume occupé par ce corps à 31°,1 diminue à mesure que la pression augmente d'une façon assez régulière, mais beaucoup plus prompte que d'après la loi de Mariotte, jusqu'à 73 atmosphères. Alors elle devient très-rapide, une réduction de près de moitié ayant lieu quand on atteint 75 atmosphères, c'est-à-dire par un accroissement de $^1/_{37}$ de la pression totale. Toutefois, la chute n'est pas subite, et, pendant qu'elle s'accomplit, rien absolument n'indique la présence simultanée de la matière sous deux états. Au delà de 77 atmosphères, l'acide carbonique cède beaucoup plus à la pression qu'auparavant, son volume se réduisant presque à celui qu'il occuperait s'il était liquide.

A 32°,5, la chute est moins abrupte.

A 35°,5, les pressions ont varié de 57 à 107 atmosphères. Ici la chute n'a presque plus le caractère rapide des cas précédents. Elle est le plus considérable de 76 à 87 atmosphères, où un accroissement de $^1/_7$ de la pression réduit le volume à moitié. A 107 atmosphères, ce volume est très-voisin de celui qu'occuperait l'acide liquide, d'après la loi de sa dilatabilité.

A 48°,1, la courbe ne présente plus de chute, et se rapproche de celle qui correspondrait au changement de volume du gaz à l'état parfait. La contraction est du reste beaucoup plus grande que ne l'exigerait la loi de Mariotte. D'après ce que M. Andrews a observé à 109 atmosphères, il estime que, si son tube n'avait pas été brisé, il aurait vu vers 120 ou 130 atmosphères, le corps se comporter comme un liquide occu-

pant le volume résultant de son coefficient de dilatation à la température de l'expérience.

« J'ai souvent, continue l'auteur, exposé l'acide carbonique, sans faire de mesures précises, à des pressions bien supérieures aux précédentes, et l'ai fait passer, sans qu'il y eût interruption, de ce que chacun regarde comme l'état gazeux à ce que tout le monde admet comme l'état liquide. Prenons, par exemple, un volume donné de gaz acide carbonique à 50° ou à une température supérieure, et exposons-le à une pression que nous ferons croître jusqu'à 150 atmosphères. Son volume diminue à mesure que la pression augmente, mais aucune diminution *subite* de volume n'a lieu sans l'application d'une pression extérieure. Au maximum de pression, laissons la température s'abaisser jusqu'au degré ordinaire de l'atmosphère : il n'en résultera aucune rupture de continuité. L'opération commence avec un gaz, et, par une série de changements graduels qui n'offre ni brusque variation de volume, ni soudain dégagement de chaleur, elle se termine avec un liquide. L'observation la plus attentive est impuissante à découvrir quelque trace que ce soit d'un changement dans la condition de l'acide carbonique, ou la preuve qu'à une période quelconque une portion se trouve dans un état physique et le reste dans un autre état. On n'aurait jamais pu soupçonner que le gaz s'est liquéfié s'il n'entrait en ébullition lorsqu'on diminue la pression. C'est par convenance que l'opération a été divisée en deux stages, la compression et le refroidissement. On aurait pu les effectuer simultanément, en prenant soin que la pression ne fût pas au-dessous de 76 atmosphères lorsque la température était abaissée à 31°.

« Nous pouvons maintenant aborder la question importante que voici. Quelle est la condition de l'acide carbonique quand, à des températures supérieures à 31°, il passe de l'état gazeux à l'état liquide, sans manifester à un instant quelconque que la liquéfaction s'est accomplie ? Continue-t-il d'être ga-

zeux, ou se liquéfie-t-il, ou avons-nous ici un troisième état de la matière? Si les expériences avaient lieu à 100° ou au-dessus, toute indication de chute (dans le volume) ayant disparu, la réponse probable serait qu'il persévère dans l'état gazeux; et peu de personnes hésiteraient à admettre la vérité de cette assertion si, comme dans les expériences de Natterer, la compression s'exerçait sur des gaz tels que l'hydrogène ou l'azote. D'autre part, quand on expérimente sur l'acide carbonique un peu au-dessus de 31°, la grande contraction qui a lieu à un certain moment ferait conjecturer que la liquéfaction vient de s'accomplir, bien que des épreuves optiques soignées soient incapables de mettre en évidence, n'importe à quel moment, la présence d'un liquide au contact d'un gaz. Mais, à cette manière de voir, on peut opposer le fait qu'une augmentation de pression est toujours nécessaire pour une plus grande diminution de volume, fait opposé aux lois qui régissent la transformation de l'état gazeux en celui de liquide. En outre, plus haute est la température à laquelle le gaz est comprimé, moindre devient la chute, jusqu'à ce qu'enfin elle disparaisse.

« La réponse à la question précédente, selon ce qui me paraît être la véritable interprétation des expériences ci-dessus rapportées, se trouve dans les relations intimes qui existent entre les états gazeux et liquides de la matière. L'état gazeux ordinaire et l'état liquide ordinaire ne sont, en deux mots, que des formes largement séparées de la même condition de la matière, et peuvent être obligées de passer de l'une à l'autre par une suite de degrés si voisins qu'il n'en résulte nulle interruption ou rupture de continuité. Nous savons que de l'acide carbonique gaz parfait à l'acide carbonique liquide parfait, la transition peut s'effectuer par un procédé continu: le gaz et le liquide ne sont que des stages éloignés d'une longue série de changements physiques continus. Sous certaines conditions de température et de pression, l'acide carbonique se trouve, il est vrai, dans ce qu'on peut nommer

un état instable, et passe soudainement, avec dégagement de chaleur, sans qu'on accroisse la pression ou qu'on modifie la température, au volume que par le procédé continu il n'aurait atteint que par un long circuit. Une différence marquée se manifeste dans le changement brusque qui s'opère ici, tandis que l'accord demeure entre les propriétés optiques et autres de l'acide carbonique qui a été réduit à un plus petit volume, et celles de l'acide non encore modifié. Conséquemment, il n'y a aucune difficulté ici à faire la distinction du liquide et du gaz Mais, dans d'autres cas, elle ne peut être faite, et, sous plusieurs des conditions que j'ai décrites, on essaierait en vain d'assigner à l'acide carbonique l'état liquide plutôt que l'état gazeux. L'acide carbonique à la température de 35°,5, et sous la pression de 108 atmosphères, est réduit au $^1/_{430}$ du volume qu'il occupe sous la pression d'une atmosphère ; mais si on demande à quel état il est alors, je ne pense pas qu'on puisse répondre d'une manière positive. L'acide carbonique à 35°,5, et sous 108 atmosphères est à peu près à mi-chemin entre le liquide et le gaz, et nous n'avons aucun motif valable pour lui assigner l'un de ces états plutôt que l'autre. La même remarque s'appliquerait avec plus de force encore à l'état dans lequel l'acide carbonique existe à des températures plus élevées et sous de plus grandes pressions. Dans l'expérience originale de Cagniard de la Tour, ce physicien distingué supposait que le liquide avait disparu et s'était converti en gaz. Une légère modification dans les conditions de son expérience l'aurait amené à la conclusion opposée, savoir que ce qui était gaz d'abord s'était converti en liquide. Ces conditions sont les états intermédiaires que la matière affecte en passant, sans changer brusquement de volume ni émettre subitement de la chaleur, de l'état liquide ordinaire à l'état gazeux ordinaire.

« Dans les observations qui précèdent, j'ai écarté toute allusion aux forces moléculaires mises en jeu dans ces expériences. La résistance qu'opposent les liquides et les gaz aux

pressions extérieures tendant à diminuer leur volume, prouve l'existence d'une force interne ayant un caractère expansif ou résistant. D'autre part, la diminution soudaine de volume qui a lieu quand on comprime un gaz à une température quelconque au-dessous du point critique, rapportée au volume auquel la liquéfaction commence, peut difficilement s'expliquer sans qu'on admette qu'une force moléculaire d'un grand pouvoir attractif entre ici en jeu, et l'emporte sur la résistance à la diminution de volume qui, communément, exige l'application d'une puissance externe. Lorsque le passage de l'état gazeux à l'état liquide s'effectue par le procédé continu que nous venons de décrire, ces forces moléculaires sont tellement modifiées qu'elles deviennent incapables, à un stage quelconque de ce procédé, de surmonter seules la résistance du fluide à changer de volume.

« Les propriétés décrites dans ce mémoire ne sont pas spéciales à l'acide carbonique, mais se retrouvent généralement chez tous les corps qu'on peut obtenir sous les deux états fluides. L'oxyde nitreux, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque, l'éther sulfurique, le sulfure de carbone ont tous présenté, sous des pressions et à des températures déterminées, des points critiques, de rapides changements de volumes et des mouvements saccadés (*flickering*) lorsqu'on modifiait la température et la pression dans le voisinage de ces points. Les points critiques de quelques-uns de ces corps étaient au-dessus de 100°. Pour pouvoir faire les observations, il devenait nécessaire de courber le tube capillaire avant le commencement de l'expérience, et de le chauffer dans un bain de paraffine ou d'huile de vitriol.

« Jusqu'ici, la distinction entre un gaz et une vapeur a reposé sur des principes entièrement arbitraires. A l'état de gaz, l'éther se nomme une vapeur, tandis que l'acide sulfureux, au même état, s'appelle un gaz. Tous deux sont des vapeurs : l'un dérivant d'un liquide qui bout à 35°, l'autre d'un liquide qui bout à 10°. La distinction est déduite de la

condition triviale du point d'ébullition du liquide sous la pression ordinaire de l'atmosphère, suivant que ce point est plus haut ou plus bas que la température atmosphérique ordinaire. Elle peut avoir quelques avantages dans la pratique, mais ne possède aucune valeur scientifique. C'est la température du point critique qui peut servir de critère pour distinguer entre un gaz et une vapeur, et on croit devoir conserver cette distinction. Plusieurs des propriétés des gaz et des vapeurs dépendent du contact entre le gaz et le liquide, ce qui, nous l'avons vu, ne peut exister qu'au-dessous du point critique. Nous pouvons donc définir une *vapeur* en disant que *c'est un gaz à toute température au-dessous du point critique*. En conséquence une vapeur peut, par la pression seule, être liquéfiée et exister en présence de son propre liquide, tandis qu'un gaz ne peut être liquéfié par la compression, c'est-à-dire devenir un liquide visible qu'une surface de démarcation distingue du gaz. Si on accepte cette définition, l'acide carbonique sera une vapeur au-dessous de 31 degrés, un gaz au-dessus de cette température ; l'éther une vapeur au-dessous de 200 degrés, un gaz au-dessus.

« Nous avons vu que les états gazeux et liquides ne sont que des stages distants l'un de l'autre de la même condition de la matière, et sont capables de passer de l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un changement continu. Il reste à résoudre un problème bien plus difficile, celui de la continuité possible de l'état solide et de l'état liquide. La belle découverte faite il y a quelques années par James Thomson, relative à l'influence qu'exerce la pression sur la température de la liquéfaction (et qui a été vérifiée par son frère Sir William), indique, à mon avis, la direction de cette recherche. Il est possible que la transition puisse se vérifier, au moins dans le cas des substances qui se dilatent en se liquéfiant, et dont les points de fusion s'élèvent par la compression. Mais je réserve ce sujet pour de futures recherches. Aujourd'hui

je ne veux pas aller au delà de ce que montre l'expérience directe, savoir : *qu'on peut transformer l'un dans l'autre les états liquides et gazeux de la matière par une suite de changements continus et non interrompus.*»

A. Dupré et F.-J.-M. Page. Sur la chaleur spécifique et les autres caractères physiques de mélanges de l'alcool éthylique et de l'eau. (*Phil. Trans.*, 1869, p. 591.)

On trouve dans le tome XXXVIII, page 39, des Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Vienne, des recherches de M. A. Shnidaritsch sur la chaleur spécifique de mélanges d'eau et d'alcool, variant de 10 en 10 °/₀ en volume. Tous les résultats indiquent une chaleur spécifique inférieure à celle de l'eau.

Ce résultat est contredit par les récents travaux de MM. Dupré et Page. Ils ont eu essentiellement recours à une méthode qui consiste à chauffer un poids métallique (ayant la forme d'un cylindre creux supportant, à mi-hauteur, une roue à aubes obliques) jusqu'à une température déterminée à 0°,01 C. près, et à le plonger dans le liquide où on lui communique un mouvement de rotation rapide à l'aide d'un fil qui se détord. L'élévation de température, estimée à 0°,001 C. près, à l'aide d'un excellent thermomètre, sert, toutes corrections faites, à mesurer la chaleur spécifique cherchée. Des essais précis ont prouvé que la chaleur produite par la rotation du poids, ainsi que le refroidissement dû à l'évaporation des mélanges alcooliques durant les expériences étaient tout à fait négligeables. Les résultats généraux sont contenus dans le tableau suivant : la chaleur spécifique théorique de chaque mélange étant calculée d'après la proportion des deux liquides.

Tableau I.

Proportion sur 100 d'alcool absolu, en poids	Chaleur spécifique trouvée	Chaleur spécifique calculée	Différence
5	101,502		
10	103,576	96,043	+ 7,533
20	104,362	92,086	12,276
30	102,602	88,129	14,473
40	96,805	84,172	12,633
45	94,192	82,193	11,999
50	90,633	80,215	10,418
60	84,332	76,258	8,074
70	78,445	72,301	6,144
80	71,690	68,344	3,346
90	65,764	64,387	1,377
100	60,430		

On voit que le mélange à 20 °/₀ d'alcool possède la chaleur spécifique maximum, et que, de 5 à 35 °/₀, *l'alcool aqueux a une chaleur spécifique supérieure à celle de l'eau pure.*

Voici, résumées dans un second tableau, les quantités de chaleur mise en liberté par le mélange de 5 grammes.

Tableau II.

Alcool sur 100 en poids	Chaleur dégagée
90	7,7025
80	12,4775
70	18,8200
60	27,2620
50	35,5850
45	38,8095
40	44,8630
30	47,9800
20	43,9545
10	26,6850

Ainsi le maximum a lieu pour un mélange de 30 d'alcool et 70 d'eau, soit exactement 23gr,2340 d'alcool et 68,2125 d'eau.

Dans le troisième tableau, on trouve l'indication des

points d'ébullition observés et calculés dans l'hypothèse que l'influence du mélange de chaque liquide sur la température d'ébullition est proportionnelle à son poids.

Tableau III.

Poids d'alcool absolu pour 100	Point d'ébullition observé	Point d'ébullition calculé	Différence
0	99,04		
10	90,98	97,25	— 6,27
20	86,50	95,10	8,60
30	84,01	92,95	8,94
40	82,52	90,90	8,38
45	81,99	89,72	7,73
50	81,33	88,60	7,27
60	80,47	86,50	6,03
70	79,61	84,35	4,74
80	78,84	82,20	3,36
90	78,01	80,05	2,04
100	77,89		

Le quatrième tableau est relatif à l'attraction capillaire mesurée en millimètres dans un tube de $0^{mm},584$ de diamètre, à la température de 16° C.

Tableau IV.

Alcool pour 100	Hauteur observée	Hauteur eau = 100	Attraction moléculaire relat.	Hauteur calculée	Différence
0	49,47	100,00	100,00	100,00	
10	34,22	69,17	68,07	93,11	—25,04
20	27,92	56,43	54,83	86,22	31,39
30	23,84	48,19	46,15	79,34	33,19
40	22,41	45,30	42,56	72,45	29,89
45	21,64	43,74	40,64	69,00	28,36
50	21,24	42,93	39,43	65,56	26,13
60	20,93	42,30	37,89	58,68	20,79
70	20,66	41,76	36,42	51,79	15,37
80	20,43	41,29	35,03	44,90	9,87
90	20,06	40,54	33,35	38,02	4,67
100	19,40	39,21	31,13	31,13	0,00

La quatrième colonne donne la longueur d'une colonne d'eau égale au poids du filet de mélange alcoolique indiqué dans la troisième colonne, et fournit ainsi une mesure de l'intensité relative de l'attraction moléculaire dans les divers mélanges. — La colonne cinquième renferme les hauteurs calculées en les supposant proportionnelles aux poids des constituants de chaque mélange.

Le cinquième et le sixième tableau renferment les valeurs de la dilatabilité déduites de l'observation soignée des pesanteurs spécifiques des divers mélanges à 10°, 15°,5 etc.

Tableau V.

Poids d'alcool absolu pour 100	Pesanteurs spécifiques à 10°	à 15°,5	à 20°
10	98396	98298	98189
20	97261	97054	96866
30	95995	95666	95392
40	94253	93854	93520
45	93262	92846	92496
50	92185	91745	91390
59,77	89994	89545	89179
69,70	87695	87219	86844
79,81	85271	84797	84410
89,89	82712	82240	81851
100,00	79792	79317	78932

Tableau VI.

Poids d'alcool absolu p^{r} 100	Volume à 10°	Volume trouvé à 20°C	Volume calculé à 20°	Différence
0	100	100,154	100,154	
10	100	100,212	100,272	+0,060
20	100	100,405	100,386	0,019
30	100	100,632	100,489	0,143
40	100	100,783	100,601	0,182
45	100	100,827	100,652	0,175
50	100	100,868	100.700	0,168
59,77	100	100,914	100,789	0,125
69.70	100	100,980	100,874	0,106
79,81	100	101,020	100,954	0,066
89,89	100	101,052	101,034	0,018
100,00	100	101,088	101,088	

Enfin les auteurs du mémoire que nous analysons ont estimé la compressibilité d'après les méthodes de MM. Regnault et Grassi. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau VII.

Poids d'alcool absolu p^r 100	Dépression en millim.	Températures en dégr. cent.	Compression observée	Compression calculée	Différence
0	40,68	9	0,00004774	0,00004774	
10	36,92	11,2	4351	5387	—0,00001036
20	33,00	11,5	3911	5998	2087
30	32,92	10,2	3902	6584	2682
40	36,88	9	4347	7118	2771
45	39,20	8	4608	7364	2756
50	41,60	9	4878	7600	2722
59,77	48,20	10	5620	8029	2409
69,70	53,25	10,1	6159	8426	2267
79,81	59,96	9,6	6942	8775	1833
89,89	68,76	11,1	7950	9140	1190
100,00	81,36	9,7	9349	9349	

Le piézomètre était formé d'un tube de verre cylindrique à terminaisons sphériques, continué par un long tube capillaire : il avait environ 150^{mm} de long sur 32^{mm} de diamètre.

En terminant leur travail, MM. Dupré et Page font remarquer : 1° que la première addition de l'alcool à l'eau élève la chaleur spécifique du mélange (bien que la chaleur spécifique de l'alcool soit très-inférieure à celle de l'eau), tellement qu'un mélange de 30 à 40 °/₀ a la même chaleur spécifique que l'eau pure ; — 2° que les mélanges qui produisent la même élévation de chaleur présentent la même élévation de chaleur spécifique, et que si on divise par le nombre constant 3,411, les unités de chaleur dégagées, on obtient un nombre qui exprime de combien la chaleur spécifique vraie du mélange l'emporte sur sa chaleur spécifique théorique ; — 3° que

le point d'ébullition et l'attraction capillaire peuvent aussi se déduire l'un de l'autre. En effet, si on divise par 3,410 la dépression capillaire, on obtient l'abaissement du point d'ébullition.

J. Violle. De l'équivalent mécanique de la chaleur. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences* du 13 juin et du 25 juillet 1870 [1].)

Je me suis proposé de déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur par la mesure du phénomène thermique qui se produit lorsqu'on fait agir un aimant sur un corps conducteur en mouvement.

L'appareil dont je me suis servi est l'appareil de Foucault, modifié de façon à se prêter à des expériences de mesure. Un disque de cuivre rouge, de $0^{m},078$ de diamètre, $0^{m},008$ d'épaisseur et pesant $291^{gr},202$, pouvait tourner entre les deux surfaces polaires d'un électro-aimant animé par le courant de douze éléments de Bunsen. Ce disque était porté par un axe en acier mobile entre deux pointes également en acier, et, par l'intermédiaire d'un système d'engrenages, on pouvait lui communiquer une vitesse qui a varié de 611,2 à 4736,8 tours à la minute. Le disque était isolé de l'axe par une pièce en caoutchouc durci invariablement fixé sur l'axe; mais on pouvait séparer facilement le disque en tirant un petit verrou qui, pendant la rotation, reliait solidement le disque à la pièce en caoutchouc. La rotation se faisait à la main

[1] Nous reproduisons textuellement les deux communications faites par M. Violle à l'Académie des Sciences sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur déduite de la mesure de l'échauffement produit par l'action du magnétisme sur un corps conducteur en mouvement. Quoique le résultat obtenu par M. Violle fût prévu (il l'avait été par Foucault lui-même quand il fit son expérience remarquable), il n'en est pas moins intéressant de le voir constaté d'une manière positive. Nous avons donc tenu à l'enregistrer dans notre journal. (A. D. L. R.)

à l'aide d'une manivelle à laquelle on s'est efforcé de donner un mouvement régulier; un chronomètre, marquant le quart de seconde, mesurait la durée de l'expérience. Quand on avait fait tourner le disque pendant un temps convenable, on l'enlevait rapidement, on le séparait de l'axe et on le plongeait dans un calorimètre contenant 150 grammes d'eau; on agitait soigneusement, et au moyen d'un thermomètre mesurant le 200me de degré, on observait la température stationnaire du mélange. On avait d'ailleurs pris soin de mesurer exactement la température initiale de l'eau et la température initiale du disque; cette dernière était indiquée par un thermomètre plongeant dans un bain liquide dont on ne retirait le disque qu'au moment même d'opérer. Ce bain liquide était le plus habituellement à la température même de l'eau du calorimètre, de sorte que la température initiale du disque était, en général, la même que celle du liquide calorimétrique. Le tableau suivant résume les expériences faites dans ces conditions :

Nombre de tours de la manivelle en une minute.	Nombre de tours du disque en une minute.	Durée de l'expérience.	Échauffement observé.
		m	o
4	611,2	15	0,440
		30	0,610
8	1224,2	7,5	0,880
		15	1,220
12	1833.6	5	1,330
		10	1,845
		15	2,040
26	3972,8	4	4,065
		8	4,600
31	4736,8	2	3,490

Pendant toutes ces expériences, l'intensité du courant qui animait l'électro-aimant a été maintenue constante au moyen d'un rhéostat servant à atténuer, chaque fois que cela était

nécessaire, les variations qui tendaient à se produire. L'intensité était mesurée au moyen d'un galvanomètre à réflexion de Weber sur le barreau duquel agissait une spirale plate placée à distance et traversée par le courant : l'action de cette spirale produisait une déviation de 225 divisions, déviation qu'il était facile de maintenir constante à $^1/_2$ division près.

Le refroidissement du disque pendant la rotation a pu être déterminé par la comparaison des expériences se rapportant à une même vitesse : en supposant que le refroidissement s'effectue à chaque instant suivant la loi de Newton et en supposant, en outre, qu'il est proportionnel à la vitesse de la rotation, on trouve, pour le coefficient de refroidissement, les nombres suivants :

Nombre des tours de la manivelle.	4	8	12	26
Coefficient de refroidissement...	0,01475	0,01475	0,01472	0,01476
			0,01477	

Et, par suite, les températures stationnaires que l'on eût observées si le disque n'avait rien perdu seraient :

Nombre de tours de la manivelle.	4	8	12	26	31
Échauffement............	0°,635	1°,269	1°,916	7°,185	5°,086

le dernier nombre étant calculé à l'aide du coefficient moyen 0,01475.

Si l'on rapporte ces échauffements à un même laps de temps, quinze minutes par exemple, on a les nombres

0°,635 2°,538 5°,748 26°944 38°,145

qui sont très-sensiblement proportionnels aux carrés des vitesses de rotation ; le coefficient de proportionnalité est, en effet :

25,197 25,208 25,052 25,089 25,194 Moy. 25,152

Servons-nous de ce coefficient moyen pour calculer l'échauffement correspondant à 4 tours de la manivelle : on

trouve 0,11637 unité de chaleur, la masse en eau de tout l'appareil étant $0^{kg},182971$.

Pour tirer de cette détermination une mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur, il fallait évaluer le travail nécessaire pour faire tourner le disque avec la même vitesse, 4 tours de la manivelle par minute.

Une série d'expériences a donc été faite dans le but de mesurer ce travail : pour cela, on produisait la rotation du disque, toujours soumis à l'action de l'électro-aimant, au moyen d'un poids agissant directement sur un fil de soie très-fin, enroulé sur l'axe même du disque, et lorsque le disque avait pris un mouvement uniforme, on mesurait le temps nécessaire pour qu'une même longueur de fil, $1^{m},4645$, se déroulât sous diverses charges ; on a trouvé les nombres suivants :

Charges.....	$11^{gr},75$	41,35	91,25	191,10	489,00
Durées......	$102^{s},5$	29,00	13,25	6,25	2,47

Les nombres inscrits à la première ligne de ce tableau représentent les charges, corrigées chacune du poids qui était nécessaire pour donner la même vitesse à l'axe seul, le disque étant enlevé et le courant animant toujours l'électro-aimant. Si l'on fait le produit de la charge par la durée de la chute pour chaque expérience, on a un nombre constant :

1204,37 1199,15 1209,06 1194,37 1207,83 Moy. 1202.96

Et si, au moyen du nombre ainsi déterminé, 1202,96, on calcule le travail nécessaire pour faire tourner le disque pendant 15 tours avec la vitesse correspondant à la troisième expérience, laquelle est $547^{t},20$ à la minute, on trouve $70^{kgm},5848$. Mais le travail nécessaire pour maintenir une vitesse déterminée du disque est, d'après les expériences mêmes, proportionnel au carré de cette vitesse : le travail nécessaire pour maintenir une vitesse de rotation de $611^{t},2$ à la minute est donc $50^{kg},640$.

Si l'on rapproche ce nombre de celui que j'ai donné plus

haut pour la chaleur développée dans les mêmes conditions, il en résulte, pour l'équivalent mécanique de la chaleur : 435,2.

Je poursuis actuellement ces recherches, et, dans une prochaine Note, j'exposerai les résultats que j'ai obtenus dans les nouvelles conditions où je me suis placé.

Dans la Note que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie le 13 juin dernier, je faisais connaître les résultats que j'avais obtenus dans des expériences faites au moyen de l'appareil de Foucault pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur. Dans ces expériences je m'étais servi d'un disque de cuivre rouge, semblable à celui dont Foucault lui-même avait fait usage pour manifester l'échauffement considérable que l'on peut obtenir avec la disposition qu'il avait donnée à l'expérience d'Arago. Depuis, j'ai employé successivement des disques de plomb, d'étain et d'aluminium, et en suivant la même méthode que pour le cuivre, j'ai obtenu pour l'équivalent mécanique de la chaleur des nombres :

435,8	avec l'étain
437,4	» le plomb
434,9	» l'aluminium

bien voisin du nombre

435,2	trouvé avec le cuivre.

Cet accord ne semblera sans doute pas sans importance, si l'on considère que les expériences ont porté sur les métaux les plus différents peut-être au point de vue physique, le plomb et le cuivre. Du reste, on en jugera par le tableau suivant qui donne les élévations de température observées sur les différents métaux, pour une même rotation de cinq minutes avec une vitesse de 1833^t,6 à la minute.

Cuivre.........	8°,805
Étain..........	5°,602
Plomb........	5°,255
Aluminium.....	9°,209

L'échauffement du disque d'aluminium a donc été le plus considérable, et cela bien que le poids de ce disque ne fût pas le tiers du poids du disque de cuivre, et pas le quart du disque de plomb; les disques avaient en effet sensiblement le même volume. Mais, d'autre part, la chaleur spécifique de l'aluminium est énorme (plus du double de celle du cuivre), et par conséquent, à égalité de masse et pour une même élévation de température, l'aluminium est de tous les métaux celui qui agira le plus énergiquement sur les corps à l'aide desquels on cherchera à reconnaître cette élévation de température.

Il n'est donc pas douteux que ce métal devrait être employé de préférence à tout autre pour répéter l'expérience de Foucault et pour montrer, dans un cours, l'échauffement énorme qu'elle peut produire.

Je dois d'ailleurs remarquer que, pour toutes les expériences d'électricité, l'aluminium est le métal par excellence, très-bon conducteur et d'une légèreté exceptionnelle; il est le seul dont on devrait se servir pour les conducteurs mobiles de la table d'Ampère. Son inaltérabilité, jointe à sa bonne conductibilité, le recommandent aussi d'une façon toute spéciale pour les pièces fixes des appareils électriques, et il remplacerait avec avantage le cuivre dans la construction des télégraphes et des machines magnéto-électriques : c'est un point sur lequel il n'est pas inutile, je crois, d'appeler l'attention des constructeurs [1].

---

[1] J'avais déjà recommandé, il y a bien des années, l'emploi de l'aluminium dans la construction des conducteurs mobiles destinés à démontrer les lois de l'électro-dynamique. On en fait usage avec beaucoup d'avantage dans l'atelier de construction des instruments de physique de Plainpalais, à Genève. Voici ce que renferme sur ce point le catalogue, accompagné de notices, des instruments qu'on construit dans cet établissement, imprimé en 1863. Il s'agit de l'appareil pour la démonstration des lois d'Ampère. Après en avoir donné la description, on ajoute : « On a suivi la disposition générale du grand appa-

L. Pfaundler. Neue theorie, etc. Nouvelle théorie du regel de la glace. (*Sitzungsberichte der Wiener Akad.*, LIX, II, p. 201 à 206. — *Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften, neue Folge*, 1870, I, 124.)

Le phénomène du regel de la glace, qui consiste en ce que deux morceaux de glace à 0° C. se soudent ensemble, lorsque flottant à la surface de l'eau ils sont arrivés en contact, est considéré généralement comme résultant d'un abaissement du point de fusion de la glace, résultant lui-même d'une élévation de la pression. M. Tyndall croit cependant que le phénomène peut s'accomplir, dans certains cas, sans qu'il y ait compression, tandis que M. Helmholtz, au contraire, soutient que dans tous les cas où il se produit, l'on peut constater qu'il y a eu une variation de pression, fût-elle même très-faible. Nous avons vu que M. Schultz-Sellack[1] avait établi qu'il a lieu, dans certains cas, par l'abaissement du point de fusion résultant de l'absorption d'une certaine quantité d'air par l'eau dans laquelle flottent les morceaux de glace.

M. Pfaundler admet que le regel peut se produire sans que les morceaux de glace soient pressés l'un contre l'autre, sans même qu'ils se touchent, et qu'un morceau de glace isolé flottant dans l'eau change sans cesse de forme, d'abord en vertu de sa constitution cristalline, puis par le fait qu'en certains points de sa surface il se produit une évaporation, tandis

reil de l'École Polytechnique de Paris en introduisant les modifications et les perfectionnements nécessaires pour que toutes les expériences puissent se faire avec un seul couple au lieu de cinq. C'est ainsi que l'on a supprimé tous les contre-poids qui chargent l'axe, réduit la coupe annulaire à un diamètre très-petit et construit en aluminium, selon la pensée de M. de la Rive, tous les conducteurs mobiles. Non-seulement l'aluminium offre l'avantage d'une grande légèreté, mais il est meilleur conducteur que le cuivre, et son éclat rend les appareils plus visibles.» (A. D. L. R.)

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXVI, p. 47.

qu'en d'autres points l'eau qui l'entourait, se réfroidissant à son contact, se dépose sous forme de glace. L'eau qui se trouve entre deux morceaux de glace, devant nécessairement se refroidir très-rapidement à 0° C., il peut très-bien se faire que chacun de ces deux morceaux se développant dans la direction de l'autre, ils finissent par se souder entièrement sans qu'il y ait eu contact à l'origine. L'auteur cite à l'appui de cette manière de voir, l'expérience suivante : Un bloc de glace sphérique fut formé dans un ballon de verre, lequel fut plongé d'abord dans l'eau chaude, de manière à détacher complétement la glace de la paroi intérieure ; puis dans une masse de neige fondante. Au bout de 24 heures, la masse de glace intérieure précédemment détachée, adhérait de nouveau fortement au verre, par des anneaux concentriques de glace qui s'étaient formés de la sorte sans le moindre abaissement de pression, le ballon étant resté ouvert tout le temps de l'expérience. La même chose avait lieu lorsqu'on renversait le ballon et que l'on introduisait son col dans un bain de mercure, de manière à élever la pression dans son intérieur, un peu au-dessus de la pression atmosphérique. M. Pfaundler compare ce qui se produit lors du regel de la glace à ce qui se passe dans une dissolution saturée d'alun, renfermant d'abord une quantité innombrable de petits cristaux, lesquels finissent par se souder en un certain nombre de gros. Quoi qu'il en soit, il pense que le regel est un phénomène complexe, pouvant provenir, suivant les cas, de diverses causes, et que les différences de pression sont loin d'être la seule explication satisfaisante.

Félix Marco, prof. à Turin. Courants électriques développés par l'induction électrostatique. Explication du magnétisme terrestre. (Communiqué par l'auteur.)

Dans les cours de physique on démontre le phénomène de l'induction électrostatique en approchant un cylindre isolé

de métal d'un corps électrisé. Si l'électricité de ce corps est positive par exemple, l'extrémité du cylindre, qui est plus proche de lui, devient électronégative, et l'extrémité plus éloignée devient électropositive.

Mes idées sur la nature de l'électricité, que j'ai exposées dans mon livre [1], me portaient à penser que, lorsque le cylindre subit l'induction, il doit être parcouru par un courant qui va de l'extrémité qui devient électronégative à l'extrémité qui devient électropositive. J'ai clairement indiqué l'existence de ce courant dans le livre cité, p. 75.

A présent je viens de faire, avec M. Perosino, étudiant de physique à l'Université de Turin, une expérience qui prouve l'existence de ce courant que j'ai prévu théoriquement.

Nous avons pris les deux plateaux isolés du condensateur d'Æpinus, et nous les avons unis entre eux avec le fil d'un galvanomètre. Nous avons disposé l'un des plateaux à 15 centimètres environ d'une sphère métallique, qui communiquait avec une machine électrique. L'autre plateau du condensateur était à peu près à la même distance du premier. En chargeant la sphère d'électricité positive avec la machine électrique, le galvanomètre indiquait un courant allant du plateau induit près de la sphère, lequel devient électronégatif au plateau induit loin de la sphère inductrice, lequel devient électropositif. En intervertissant la conjonction des deux extrémités du fil du galvanomètre, avec les plateaux, on obtient une déviation inverse de l'aiguille : ce qui prouve que les deux déviations sont vraiment l'effet d'un courant allant du plateau qui devient électronégatif auplateau qui devient électropositif. Lorsque l'induction a été établie dans les plateaux et que la tension de la sphère inductrice ne varie pas sensiblement, il n'y a plus de courant dans le fil du galvanomètre; mais si on décharge la sphère inductrice, pendant que les plateaux retournent à l'état naturel,

[1] *Principe de la théorie mécanique de l'électricité.* Turin, 1867, chez Paravia.

l'aiguille du galvanomètre indique un courant dirigé du plateau qui perd la tension électropositive au plateau qui perd la tension électronégative.

Donc, *lorsqu'un corps subit l'induction électrostatique, il est parcouru par un courant électrique dirigé de la partie qui acquiert la tension électronégative à la partie qui acquiert la tension électropositive; et, vice versâ, lorsque le corps induit retourne à l'état naturel, il est parcouru par un courant dirigé de la partie qui perd la tension électropositive à la partie qui perd la tension électronégative.*

Voilà un nouveau côté des phénomènes d'induction électrostatique qui n'a pas encore été observé par aucun physicien. M. Govi vient d'obtenir des courants beaucoup plus énergiques en substituant au condensateur d'Æpinus des batteries électriques.

Ce nouveau théorème nous dévoile la source du magnétisme terrestre. Supposons une sphère métallique isolée sur un axe de verre, laquelle soit en présence d'une autre sphère chargée d'électricité positive. La première sphère subira l'induction de la seconde, son hémisphère, tourné vers celle-ci deviendra électronégatif, et l'hémisphère opposé électropositif. Si l'on fait tourner cette sphère sur son axe de verre, en présence de la sphère inductrice électropositive, les deux tensions électriques contraires marcheront dans la sphère induite dans le sens du mouvement apparent de la sphère inductrice; mais, par le théorème que j'ai établi, le transport des tensions dans la sphère induite exige un courant dirigé dans le sens de ce transport.

L'existence de ce courant est une conséquence nécessaire de mon théorème. Or, qu'on suppose que le Soleil soit un corps chargé d'électricité positive (ce qui résulte des inductions de plusieurs astronomes et physiciens, Sabine, Lamont, etc., et de ma *Théorie de l'électricité*[1]), l'hémisphère terrestre tourné vers cet astre sera électronégatif, et l'hémisphère opposé sera électropositif. Mais comme le Soleil

tourne (apparemment) autour de la Terre de l'est à l'ouest, la tension électrique des deux hémisphères devra marcher dans notre globe dans ce même sens; ce qui exige, selon mon expérience, l'existence d'un courant allant dans la Terre de l'est à l'ouest. Voilà dévoilée l'origine du magnétisme terrestre.

Dans cette théorie, il faut admettre que l'induction électrostatique s'exerce à travers le vide interplanétaire par l'éther. Or, comme le vide n'est pas conducteur de l'électricité, c'est-à-dire qu'il ne laisse pas passer le courant électrique, il y a des physiciens qui croient que l'influence électrique ne peut pas s'exercer à travers le vide: mais c'est une erreur. En effet, Volpicelli a trouvé que dans le vide fait avec une bonne machine pneumatique, l'induction électrostatique est d'autant plus manifeste que la raréfaction de l'air s'approche davantage du vide parfait. D'où il conclut que le vide est un cohibent parfait, c'est-à-dire qu'il offre le plus de résistance au passage de l'électricité et aucune au passage de l'influence électrique (*Comptes rendus*, 4 octobre 1869). Du reste l'induction moléculaire doit bien s'exercer à travers le vide intermoléculaire.

La vélocité du courant qui produit le magnétisme de notre globe est celle de ces différents points dans leur tour autour de l'axe terrestre.

Si l'induction électrique du Soleil est la cause du magnétisme de la Terre, celui-ci doit être plus fort lorsque cette planète est plus près du Soleil, c'est-à-dire au périgée, et plus faible à l'apogée. En effet, Sabine a trouvé qu'à Toronto et à Hobart-Town, c'est à la même époque de l'année, savoir dans l'intervalle compris entre octobre et février, qui est l'hiver pour Toronto et l'été pour Hobart-Town, que l'intensité du magnétisme est à son maximum; tandis que dans ces mêmes stations c'est un minimum dans l'intervalle compris

[1] Ouvrage cité, § 152.

entre avril et août qui est l'été pour Toronto et l'hiver pour Hobart-Town (*Archives des Sciences phys.*, 1865, tome XXII, p. 101).

L'intensité du courant induit par le Soleil doit changer avec le passage de cet astre du méridien supérieur à l'horizon et au méridien inférieur, c'est-à-dire à six heures de distance. Eh bien! dit le P. Secchi, un caractère fondamental de toutes les périodes simples du magnétisme terrestre, c'est que le maximum et le minimum se produisent à six heures de distance environ (*Archives des Sc. phys.*, 1855, t. XXVIII, p. 19).

L'apparition de taches sur la surface du Soleil doit modifier sa tension électrique et, par suite, l'intensité du magnétisme qu'il engendre dans les planètes. Voilà la raison de la coïncidence de la période décennale des variations magnétiques découverte par Lamont, avec la période décennale des taches solaires signalée par Schwabe.

Ainsi que sur la Terre, le Soleil doit induire des tensions électriques opposées dans les deux hémisphères de la Lune, et celle-ci doit à son tour influencer la Terre. Voilà pourquoi tous les éléments magnétiques sont influencés par la Lune. Cette influence de la Lune est analogue à celle du Soleil. Il y a deux maximum de déviation vers l'est et deux maximum de déviation vers l'ouest, entre deux passages consécutifs de la Lune au méridien de la station.

On explique de même l'influence des autres planètes, et surtout de Vénus, sur le magnétisme terrestre.

L'induction électrostatique du Soleil est donc la cause génératrice du magnétisme terrestre. Quant aux perturbations, elles sont dues aux charges et décharges électriques qu'acquiert la vapeur aqueuse dans ses métamorphoses à la surface de la terre.

C. VIERORDT. DIE MESSUNG DER LICHTABSORPTION, etc. EMPLOI DU SPECTROSCOPE POUR LA MESURE DE L'ABSORPTION DE LA LUMIÈRE AU TRAVERS DES CORPS TRANSPARENTS. (*Poggend. Annalen*, tome CXL, p. 172.)

M. Vierordt a été conduit à une méthode simple permettant de mesurer rapidement et exactement le pouvoir absorbant des milieux transparents pour les différentes couleurs du spectre. Le procédé consiste à disposer la fente d'un spectroscope de manière que l'on puisse en faire varier indépendamment la largeur dans la moitié supérieure et dans la moitié inférieure. A cet effet, l'un des bords de la fente commun aux deux moitiés est formé d'une lame métallique fixe, tandis que l'autre bord est formé de deux plaques mobiles, l'une supérieure, l'autre inférieure; chacune d'elles est commandée par une vis micrométrique munie d'un tambour dont les divisions indiquent immédiatement la largeur de la fente. Un support particulier permet de placer au devant de l'une des deux parties de la fente le corps transparent que l'on veut étudier. Une moitié du spectre observé provient ainsi de la lumière qui a traversé le corps; l'autre provient des rayons arrivant directement de la source lumineuse.

Pour mesurer l'absorption exercée par le corps sur une espèce de radiation, il suffit de diminuer la partie de la fente qui reçoit la lumière directement, jusqu'à ce que l'intensité de la couleur que l'on considère soit la même pour les deux spectres superposés. Dans le cas où le corps absorbe avec une grande intensité une espèce déterminée de rayons, il convient de ne pas prendre comme terme de comparaison la lumière directe, mais cette lumière déjà affaiblie dans une proportion déterminée par son passage au travers d'un verre enfumé qui absorbe également toutes les espèces de rayons.

C. Schultz-Sellack. Bemerkung ueber die Farbe des Jods. Remarque sur la couleur de l'iode. (*Poggend. Annalen*, tome CXL, p. 334.)

L'on peut obtenir facilement des feuilles minces et transparentes d'iode en pressant de l'iode fondu entre deux plaques de verre. La lumière transmise par ces feuilles est brun-rouge; elle ne donne à l'analyse spectrale que les rayons rouges extrêmes. La vapeur d'iode présente une tout autre couleur : elle est violette, et laisse passer de préférence les rayons bleus et violets, comme M. Thalen l'a reconnu dans un récent travail.

Parmi les solutions d'iode, les unes se comportent au point de vue de leur pouvoir absorbant pour la lumière comme ce corps à l'état solide, les autres comme sa vapeur. Les dissolutions dans l'eau, l'alcool, l'acide acétique ont presque exactement la même couleur que l'iode solide, tandis que les dissolutions dans le sulfure de carbone, le chlorure de zinc et le chlorure de phosphore sont violettes comme la vapeur d'iode. Ce corps se distingue en cela de la plupart des substances colorantes, lesquelles présentent presque toutes à l'état liquide le même pouvoir absorbant pour la lumière qu'à l'état gazeux, avec cette seule différence que les raies d'absorption, généralement très-nettes avec les gaz, ne le sont pas avec les liquides. Il en est de même d'après les expériences de M. Tyndall pour la chaleur obscure. Suivant ce physicien, la plupart des corps l'absorbent dans les mêmes proportions, soit qu'ils soient à l'état liquide, soit qu'ils soient à l'état gazeux. Magnus a cherché à établir, contrairement à la manière de voir de M. Tyndall, que l'eau fait exception à cette règle en absorbant plus fortement la chaleur à l'état liquide qu'à l'état gazeux. Cette question n'est point encore définitivement tranchée; mais, en tout cas, nous venons de voir, par l'exemple de l'iode, qu'il n'y a rien d'impossible à ce que, contrairement à la loi générale, le pouvoir absorbant de certains corps pour la lumière ou la chaleur varie avec leur état moléculaire.

E. S.

CHIMIE.

E. Fremy. Note sur la réduction de l'acide azoteux par les métaux. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome LXX, page 1207.)

En étudiant l'action de l'acide azoteux sur les métaux, M. Fremy avait constaté la production d'un corps possédant des propriétés réductives très-énergiques, mais dont il n'avait pu déterminer immédiatement la nature, à cause de la faible quantité de ce corps qui se produit dans ces réactions.

Ayant repris l'étude de cette question, il a réussi à obtenir ce corps réducteur en plus grande quantité, et à apprécier nettement ses caractères et sa nature. Il a reconnu son identité avec la nouvelle base découverte par M. Lossen, l'oxy-ammoniaque $Az^2 H^6 O^2$ ou $Az^2 H^4 O, H^2 O$, que ce chimiste avait obtenue en faisant agir un mélange d'acide chlorhydrique et d'étain sur l'éther azotique de l'esprit de bois.

M. Fremy obtient cette base en traitant l'étain par l'acide chlorhydrique concentré à une douce chaleur, et ajoutant, lorsque l'hydrogène se dégage en abondance, de l'acide azoteux, un azotite ou plus simplement de l'acide azotique. Il précipite ensuite le protoxyde d'étain par un excès d'ammoniaque, évapore à sec et reprend par l'alcool absolu qui dissout le chlorhydrate de la nouvelle base.

Cette base est caractérisée par un pouvoir réducteur très-prononcé; ses sels neutres ou acides décomposent immédiatement le permanganate de potasse et l'acide iodique. Le pouvoir réducteur augmente beaucoup lorsqu'on met la base en liberté au moyen d'un alcali: on obtient ainsi des liqueurs réduisant les sels de cuivre, de mercure, d'argent et d'or.

M. Fremy s'est assuré que l'oxy-ammoniaque préparée par la méthode de M. Lossen, présente les mêmes propriétés réductrices.

BOTANIQUE.

D. Clos. Monographie de la préfoliation dans ses rapports avec les divers degrés de la classification. Toulouse, 1870; in-8°, 48 pages.

La disposition des parties de la feuille dans le bourgeon a été souvent étudiée depuis Linné; jamais cependant on n'avait examiné ce caractère dans un aussi grand nombre d'espèces, de genres et de familles que ne l'a fait M. Clos, d'après l'opuscule dont nous venons d'indiquer le titre. Il a eu pour but principal d'estimer la valeur de la vernation, soit préfoliation, au point de vue des affinités naturelles déduites de l'ensemble des caractères, et pour cela il fallait examiner plusieurs centaines de plantes, appartenant à diverses familles. Ce genre d'étude ne peut pas se faire aisément dans les herbiers, puisque les échantillons y sont presque toujours choisis à l'époque de la floraison, ou même plus tard; mais dans les jardins botaniques, on a tous les moyens possibles de s'en occuper, et M. Clos a profité des collections du jardin de Toulouse qu'il dirige.

Comme on pouvait s'y attendre, la vernation n'est, d'une manière absolue, ni un caractère de famille, ni même un caractère générique; cependant elle est quelquefois uniforme dans toute une famille ou dans toutes les espèces d'un genre. Les résumés de M. Clos sont très-clairs, et en donnent des exemples instructifs. Ainsi, toutes les Polygonées ont la préfoliation dite *revolutée*; les Caprifoliacées, Dipsacées, Valérianées, Nymphéacées et autres ont la préfoliation *involutée;* plus de vingt familles ont uniformément la préfoliation *condupliquée;* les Droséracées, les Fougères ont la préfoliation *circinée;* les Linées, les Polygalées ont la préfoliation *plane.* D'un autre côté, plusieurs familles ont deux ou plusieurs de ces types de préfoliation. Le fait le plus curieux, sous ce rapport, est celui des Labiées, famille assurément très-naturelle,

et qui offre les cinq types : condupliquée (Ajuga, Lamium, etc.), convolutée (Marrubium peregrinum, plusieurs Salvia, Stachys), involutée (Marrubium vulgare, Ballota lanata), revolutée (plusieurs Teucrium et Lavandula, Rosmarinus), plane (Melissa officinalis, plusieurs Mentha, Teucrium pyrenaicum).

Les genres présentent, plus souvent que les familles, une préfoliation uniforme ; cependant M. Clos a trouvé des genres à deux, à trois et même quatre préfoliations différentes, selon les sections du genre ou selon les espèces. Je ne vois pas que M. Clos ait rencontré une espèce dans laquelle les feuilles auraient tantôt une disposition, tantôt une autre, du moins les feuilles de même nature, car les cotylédons diffèrent presque toujours des autres feuilles, et les bractées peuvent aussi différer.

Au milieu de toutes les diversités observées, la préfoliation peut aider le naturaliste à découvrir les véritables affinités des familles, genres et espèces. Par exemple, on a tantôt séparé, tantôt rapproché les Dichondrées et les Convolvulacées : M. Clos remarque, à l'appui de la réunion, que la vernation est condupliquée dans les deux groupes. Les Balsamifluées, dont la place est un peu douteuse, ont la préfoliation condupliquée, comme les Hamamelidées, desquelles plusieurs botanistes les rapprochent. Le genre Ailantus a été mis tantôt dans les Zanthoxylées et tantôt dans les Térébintacées ; or, il a une préfoliation condupliquée comme ces dernières. On a hésité sur la convenance de distinguer les genres Stachys et Betonica, à ce point que M. Bentham, le savant monographe des Labiées, a varié d'opinion sur ce point. M. Clos fait remarquer combien la préfoliation appuie une distinction générique, car elle est revolutée dans les Betonica et condupliquée dans les Stachys. La Reine Marguerite, jadis réunie aux Aster, maintenant distinguée sous le nom de Callistephus, a une autre vernation. Le Mespilus pyracantha L. a été rapporté quelquefois au genre Cotoneaster, mais sa vernation

convolutée, et non condupliquée, montre que c'est un rapprochement erroné.

Nous ne pouvons citer qu'une très-petite partie des faits et des déductions qui se trouvent dans l'opuscule de M. Clos. C'est un document d'une grande richesse, sous un petit espace. Il nous reste à émettre le vœu que l'auteur continue, ses observations, en particulier dans les familles exotiques dont les jardins offrent à présent beaucoup d'exemples, et qu'il publie une fois une seconde édition plus étendue, offrant au début quelques sections au trait, qui indiquent bien les types de préfoliations dont il parle, et se terminant par une table alphabétique des espèces observées. Ce serait un complément des ouvrages actuels de botanique descriptive, dans lesquels la vernation a été souvent négligée; d'ailleurs les conséquences intéressantes que M. Clos a déjà signalées seront d'autant mieux établies que les espèces étudiées auront été plus nombreuses. Alph. de C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1870.

Le 1, forte rosée le matin.
5, forte rosée le matin; éclairs et tonnerres de $3 ^1/_4$ à $4 ^1/_2$ h., l'orage suit la direction du Sud au Nord à l'Ouest de l'Observatoire.
7, rosée le matin.
8, succession d'orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres; le 1er éclate vers 10 h. du matin à l'Est, le second vers midi dans la même direction. Le 3e, le plus violent, passe du Sud au Nord un peu à l'Ouest de l'Observatoire et atteint sa plus grande intensité vers $6 ^3/_4$ h. du soir, à ce moment une violente averse donne 15mm dans un quart d'heure. A $7 ^3/_4$ h. on entend encore le tonnerre à l'Est.
10, éclairs et tonnerres de 10 h. 25 m. à 11 h., l'orage passe au Nord de l'Observatoire dans la direction du NO. à l'Est. Vers $3 ^1/_2$ h. de l'après-midi tonnerres au NE.
13, rosée le matin.
15, id., halo solaire partiel de midi à $2 ^1/_2$ h. Éclairs et tonnerres de 5 h. à $5 ^1/_2$ h. du soir, direction de l'orage SSO. à ENE.
17, forte rosée le matin; éclairs au SE. toute la soirée.
18, de $6 ^3/_4$ h. à $7 ^1/_4$ h. du matin, on voit le parhélie de gauche sur le halo ordinaire, et de $7 ^3/_4$ h. à $8 ^1/_2$ h. l'arc tangent supérieur.
19, de $7 ^3/_4$ h. à $8 ^1/_2$ h. du soir éclairs au SE.
20, halo solaire partiel de $10 ^1/_4$ h. à $10 ^3/_4$ h.
21, rosée le matin.
22, rosée le matin.
23, à 11 h. du matin fort coup de vent du SSO.
24, rosée le matin.
26, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à 8 h. matin	725,76
6 à 10 h. soir	727,80
11 à 8 h. soir	728,03
17 à 8 h. matin	724,57
21 à 10 h. soir	731,63
23 à 10 h. soir	727,33
30 à 10 h. soir	729.56

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 6 h. soir	721,27
8 à 4 h. après m.	721,69
15 à 6 h. soir	722,11
18 à 4 h. après midi	718,76
23 à 11 h. matin	723,99
26 à 4 1/2 h. après m.	721,50

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	725,41	— 2,96	+23,29	+4,64	+14,0	+30,1	11,28	+0,53	566	—117	310	930	...	...	SO. 1	0,29	21,7	+ 3,2	206
2	723,73	— 4,34	+22,73	+4,12	+15,9	+27,6	12,20	+1,46	604	— 80	490	730	...	...	N. 1	0,48	21,8	+ 3,3	201
3	723,52	— 4,55	+18,83	+0,26	+18,0	+25,0	12,55	+1,81	806	+121	630	940	23,7	12	variable	0,93	20,8	+ 2,3	201
4	723,94	— 4,13	+18,07	—0,46	+15,7	+21,7	12,37	+1,64	819	+133	620	890	0,7	2	SO. 1	0,82	20,7	+ 2,2	210
5	723,69	— 4,38	+18,73	+0,24	+13,1	+26,0	11,59	+0,87	735	+ 48	450	900	...	...	SO. 1	0,74	19,8	+ 1,3	212
6	727,04	— 1,02	+17,93	—0,52	+14,8	+22,8	10,57	—0,14	714	+ 26	510	850	...	...	N. 1	0,68	16,8	— 1,7	213
7	725,79	— 2,27	+18,62	+0,22	+12,1	+25,0	10,80	+0,10	695	+ 6	400	880	...	...	N. 1	0,52	—	—	214
8	722,89	— 5,17	+16,86	—1,49	+12,7	+22,9	11,40	+0,71	826	+136	560	1000	33,7	7	SSO. 1	0,80	20,7	+ 2,2	213
9	722,11	— 5,95	+16,20	—2,10	+14,0	+20,1	11,73	+1,05	870	+179	680	970	5,5	4	SSO. 1	0,94	20,0	+ 1,5	213
10	727,51	— 0,55	+16,25	—1,99	+13,7	+22,0	10,48	—0,19	788	+ 95	520	920	6,3	5	variable	0,79	19,8	+ 1,3	212
11	727,55	— 0,50	+14,71	—3,47	+12,8	+17,4	10,46	—0,20	862	+167	670	1000	9,7	9	SSO. 2	0,96	16,6	— 2,0	211
12	726,67	— 1,38	+17,55	—0,57	+13,8	+22,3	12,21	+1,56	830	+133	630	970	0,1	1	N. 1	0,46	14,1	— 4,5	212
13	726,23	— 1,82	+18,28	+0,22	+14,2	+22,1	12,09	+1,46	784	+ 85	600	920	...	...	N. 2	0,50	17,2	— 1,4	214
14	726,24	— 1,80	+19,21	+1,22	+15,8	+23,3	12,11	+1,50	748	+ 47	540	850	...	...	N. 1	0,47	—	—	212
15	723,64	— 4,40	+18,15	+0,23	+13,7	+23,9	12,06	+1,46	786	+ 83	540	920	6,5	1	N. 1	0,52	19,7	+ 1,1	211
16	722,76	— 5,27	+18,91	+1,06	+14,8	+23,8	11,26	+0,68	718	+ 13	420	850	...	...	N. 1	0,34	20,2	+ 1,6	211
17	723,69	— 4,33	+18,30	+0,53	+12,9	+23,6	10,54	—0,02	688	— 19	450	880	...	...	NNO. 1	0,22	20,3	+ 1,7	210
18	721,63	— 6,38	+16,22	—1,47	+14,4	+21,0	11,11	+0,57	835	+126	640	1000	9,7	8	N. 1	0,89	20,0	+ 1,5	209
19	719,13	— 8,87	+16,16	—1,45	+14,2	+20,8	10,33	—0,19	787	+ 76	530	950	1,7	3	N. 1	0,68	19,8	+ 1,3	208
20	725,23	— 2,76	+15,01	—2,52	+12,7	+19,2	6,82	—3,68	576	—137	390	710	...	...	N. 2	0,39	19,8	+ 1,3	206
21	729,55	+ 1,58	+13,09	—4,36	+ 8,5	+18,2	6,27	—4,21	600	—115	370	870	...	...	NNE. 1	0,39	—	—	204
22	729,76	+ 1,81	+12,88	—4,48	+ 5,9	+18,1	6,93	—3,51	655	— 62	410	960	...	...	N. 1	0,37	19,6	+ 1,1	196
23	725,85	— 2,08	+13,17	—4,10	+ 7,4	+19,0	7,70	—2,74	702	— 17	370	880	0,3	1	SSO. 1	0,78	19,5	+ 1,1	195
24	726,48	— 1,43	+15,47	—1,71	+ 6,9	+22,1	7,89	—2,53	631	— 90	410	940	...	...	SSO. 1	0,31	18,7	+ 0,3	192
25	725,40	— 2,48	+17,18	+0,09	+12,0	+23,0	7,54	—2,86	550	—173	370	810	...	...	SSO. 1	0,39	18,5	+ 0,1	189
26	722,89	— 4,96	+14,50	—2,49	+ 6,8	+21,3	6,45	—3,93	559	—166	330	920	...	...	variable	0,70	18,9	+ 0,5	187
27	724,83	— 2,99	+12,66	—4,23	+ 7,1	+19,0	6,28	—4,08	613	—115	400	870	...	...	variable	0,44	17,9	— 0,5	184
28	724,58	— 3,21	+14,30	—2,49	+ 6,0	+21,6	7,35	—2,98	626	—105	330	860	...	...	SSO. 1	0,84	—	—	180
29	724,11	— 3,65	+16,03	—0,66	+13,9	+19,3	8,73	—1,57	686	— 48	410	920	7,6	9	SSO. 1	0,99	17,6	— 0,7	177
30	727,86	+ 0 13	+14,44	—2,15	+12,7	+18,0	6,81	—3,46	595	—142	410	870	...	...	NNE. 1	0,22	17,4	— 0,9	175
31	729,00	+ 1,30	+13,98	—2,50	+10,0	+18,7	7,27	—2,97	631	—109	520	720	...	...	NNE. 2	0,18	16,9	— 1,4	174

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,74	724,83	724,73	724,70	724,33	724 02	724,05	724,59	725,01
2e «	724,54	724,71	724,73	724,41	723,98	723,61	723,62	724,10	724,42
3e «	726,56	726,69	726,73	726,35	726,06	725,91	726,10	726,70	726,90
Mois	725,32	725,45	725,44	725,19	724,83	724,56	724,64	725,18	725,49
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+16,00	+18,43	+19,85	+20,80	+22,41	+22,74	+21,13	+19,13	+17,86
2e «	+14,62	+16 48	+17,81	+19,36	+20,61	+21,20	+19,44	+17,81	+16,79
3e «	+ 9,80	+13,94	+16,41	+18,22	+18,56	+18,65	+16,79	+14,68	+12,83
Mois	+13,35	+16,21	+17,97	+19,42	+20,46	+20,79	+19,05	+17,13	+15,73
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	11,47	12,13	12,08	11,72	10,96	10,94	11,60	11,91	11,74
2e «	10,90	10,84	10,96	10,88	10,66	10,28	11,58	11,82	11,25
3e «	7,30	7,51	6,93	6,67	7,11	7,15	7,63	7,71	7,89
Mois	9,81	10,08	9,89	9,66	9,50	9,38	10,18	10,39	10,22
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	856	771	717	658	555	543	635	740	781
2e «	876	777	721	651	590	550	696	778	789
3e «	823	645	502	431	455	448	535	623	715
Mois	851	728	642	575	531	512	619	711	760

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+14,40	+24,32	0,70	20,23	69,9	209,5
2e «	+13,93	+21,74	0,54	18,63	27,7	210,4
3e «	+ 8,84	+19,85	0,51	18,33	7,9	186,6
Mois	+12,27	+21,90	0,58	19,07	105,5	201,7

Dans ce mois, l'air a été calme 2,15 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,26 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 24°,2 O., et son intensité est égale à 17,3 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1870.

Le 3,	brouillard	tout le jour ; tonnerres à 9 h. du matin.
4,	id.	id.
5,	id.	depuis 4 h. du soir ; éclairs et tonnerres à 6 $^1/_2$ h. du soir.
6,	id.	toute la journée.
7,	id.	depuis 2 h. de l'après-midi.
8,	id.	depuis 4 h. du soir.
9, 12,	id.	tout le jour.
13,	id.	de 4 h. du soir à 8 h. du soir.
14,	id.	une partie de la journée.
15,	id.	depuis 8 h. du soir.
16,	id.	depuis 6 h. du soir.
19, 21,	id.	tout le jour ; le 21, vers 8 $^3/_4$ h. du matin, il neige pendant $^1/_2$ h., la neige a été emportée par le vent.
22,	id.	le matin et le soir.
23,	id.	depuis 6 h. du soir.
24,	id.	depuis 6 h. du soir.
25,	id.	presque toute la journée.
26,	id.	depuis 2 h. de l'après-midi.
27,	id.	toute la journée.
29,	id.	une grande partie de la journée.
30,	id.	tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	569,52	Le 4 à 6 h. matin	563,62
6 à 10 h. soir	567,20	9 à 6 h. matin	561,96
13 à 10 h. soir	567,77	16 à 10 h. matin	564,03
17 à 8 h. soir	567,73	19 à 4 h. après midi	560,08
21 à 10 h. soir	567,31	27 à 6 h. matin	560,04
31 à 10 h. soir	568,32		

SAINT-BERNARD. — AOUT 1870.

Jours du mois	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	568,35	— 0,53	567,26	568,97	+ 9,93	+ 3,53	+ 6,2	+12,8	....	.....	....	NE.	1	0,29
2	569,01	+ 0,12	568,45	569,52	+11,98	+ 5,58	+ 8,8	+16,0	.....	.....	....	SO.	1	0,27
3	565,39	— 3,51	563,82	567,11	+ 5,90	— 0,49	+ 4,8	+13,8	.....	40,6	7	SO.	1	0,91
4	564,82	— 4,08	563,62	566,06	+ 4,47	— 1,92	+ 4,2	+ 5,4	.....	.....	....	NE.	2	1,00
5	565,80	— 3,10	565,46	566,52	+ 7,65	+ 1,27	+ 4,0	+13,5	.....	10,5	3	SO.	1	0,53
6	566,20	— 2,70	565,36	567,20	+ 2,93	— 3,44	+ 2,6	+ 3,2	.....	5,4	4	NE.	2	1,00
7	566,45	— 2,44	566,22	566,79	+ 7,10	+ 0,75	+ 4,0	+11,7	.....	.....	....	NE.	1	0,66
8	563,86	— 5,03	563,42	564,32	+ 4,86	— 1,47	+ 3,1	+ 9,2	.....	8,7	4	NE.	1	0,86
9	562,68	— 6,20	561,96	564,10	+ 2,84	3,47	+ 2,6	+ 3,8	.....	5,3	4	NE.	1	1,00
10	566,23	— 2,64	564,70	567,12	+ 1,50	— 4,78	+ 1,4	+ 2,8	.....	3,6	6	NE.	1	0,98
11	566,03	— 2,83	565,92	566,36	+ 2,10	— 4,15	+ 0,7	+ 3,5	.....	7,8	6	NE.	2	0,97
12	566,95	— 1,90	566,78	567,21	+ 5,65	— 0,57	+ 4,2	+ 8,2	.....	4,0	4	NE.	1	0,93
13	567,29	— 1,54	566,78	567,77	+ 6,93	+ 0,74	+ 4,3	+10,3	....	3,4	4	NE.	1	0,62
14	567,50	— 1,31	567,31	567,70	+ 7,65	+ 1,49	+ 5,0	+10,4	.....	.....	....	NE.	1	0,63
15	566,57	— 2,22	565,64	567,66	+ 7,63	+ 1,51	+ 4,7	+11,2	.....	.....	....	NE.	1	0,53
16	564,95	— 3,82	564,03	567,16	+ 5,93	— 0,15	+ 4,0	+10,5	.....	.....	....	NE.	1	0,39
17	565,37	— 3,38	564,84	567,73	+ 6,37	+ 0,33	+ 3,8	+ 9,0	.....	.....	....	NE.	1	0,08
18	563,23	— 5,49	561,55	564,50	+ 5,65	— 0,35	+ 4,5	+ 9,2	.....	8,5	8	SO.	1	0,83
19	560,42	— 8,27	560,08	561,33	+ 3,65	— 2,30	+ 2,0	+ 7,2	.....	9,8	8	NE.	1	0,93
20	563,39	— 5,27	561,23	564,72	+ 0,61	— 5,29	— 0,5	+ 3,6	.....	.....	....	NE.	1	0,92
21	565,84	— 2,79	564,52	567,31	— 3,36	— 9,21	— 4,0	— 1,7	.....	0,5	1	NE.	2	0,91
22	566,42	— 2,18	566,16	566,82	— 1,40	— 7,19	— 4,8	+ 1,6	.....	.....	....	NE.	1	0,56
23	564,21	— 4,35	563,42	565,28	+ 0,31	— 5,42	— 1,5	+ 5,2	40	4,3	3	NE.	1	0,86
24	565,28	— 3,24	565,01	565,52	+ 2,39	— 3,28	+ 1,0	+ 5,2	.....	.....	....	NE.	1	0,36
25	564,25	— 4,23	564,03	564,52	+ 1,63	— 3,97	+ 0,3	+ 4,8	.....	.....	....	NE.	2	0,78
26	561,62	— 6,82	560,69	562,81	+ 1,88	— 3,65	— 1,5	+ 4,8	.....	.....	....	NE.	1	0,66
27	561,72	— 6,68	560,04	563,69	— 3,38	— 8,84	— 4,5	— 1,6	75	9,6	8	NE.	2	0,89
28	563,74	— 4,61	563,02	564,28	+ 2,70	— 2,69	— 2,0	+ 5,8	.....	.....	....	NE.	1	0,93
29	564,42	— 3,88	563,92	564,66	+ 3,42	— 1,90	+ 2,2	+ 6,0	.....	.....	....	NE.	1	0,94
30	565,28	— 2,97	564,45	566,22	— 0,41	— 5,65	— 1,7	+ 1,2	.....	9,5	8	NE.	1	0,96
31	567,61	— 0,59	566,68	568,32	+ 3,92	— 1,24	+ 1,7	+ 7,3	.....	.....	....	SO.	1	0,19

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,55	565,82	565,88	565,87	565,96	566,00	565,88	566,16	566,30
2e »	564,83	565,04	565,20	565,12	565,30	565,20	565,35	565,58	565,43
3e »	564,19	564,27	564,62	564,61	564,53	564,62	564,79	565,01	565,10
Mois	564,83	565,02	565,21	565,18	565,24	565,25	565,32	565,56	565,59
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,71	+ 6,20	+ 7,43	+ 8,34	+ 7,71	+ 6,90	+ 6,16	+ 5,38	+ 4,93
2e »	+ 3,62	+ 5,61	+ 6,98	+ 7,64	+ 7,15	+ 6,13	+ 5,27	+ 4,61	+ 4,48
3e »	— 0,37	+ 1,06	+ 1,80	+ 2,77	+ 2,73	+ 1,77	+ 0,83	+ 0,35	— 0,14
Mois	+ 2,55	+ 4,19	+ 5,29	+ 6,14	+ 5,76	+ 4,83	+ 3,98	+ 3,35	+ 2,99

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 4,17	+ 9,22	0,75	74,1	—
2e »	+ 3,27	+ 8,31	0,68	33,5	—
3e »	— 1,35	+ 3,51	0,73	23,9	115
Mois	+ 1,92	+ 6,90	0,72	131,5	115

Dans ce mois, l'air a été calme 11,9 fois sur 100.

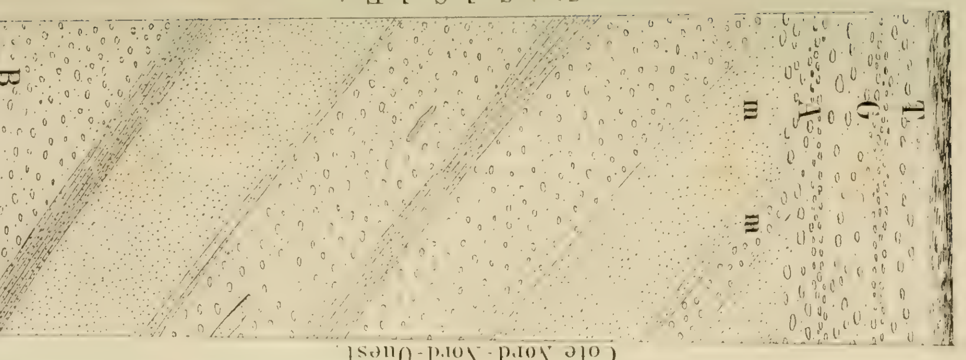
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 6,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 73,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Coupe du Ter

par un pl



LEGENDE

TT Couche de terre végétale d'épaisseur variable.

GG Couches horizontales (dépôt d'Alluvion antique) en gravier et galets
Epaisseur moyenne 2.m 20

AA Arête ou plan d'intersection des Couches inclinées m n par les Couches horizontales G G.

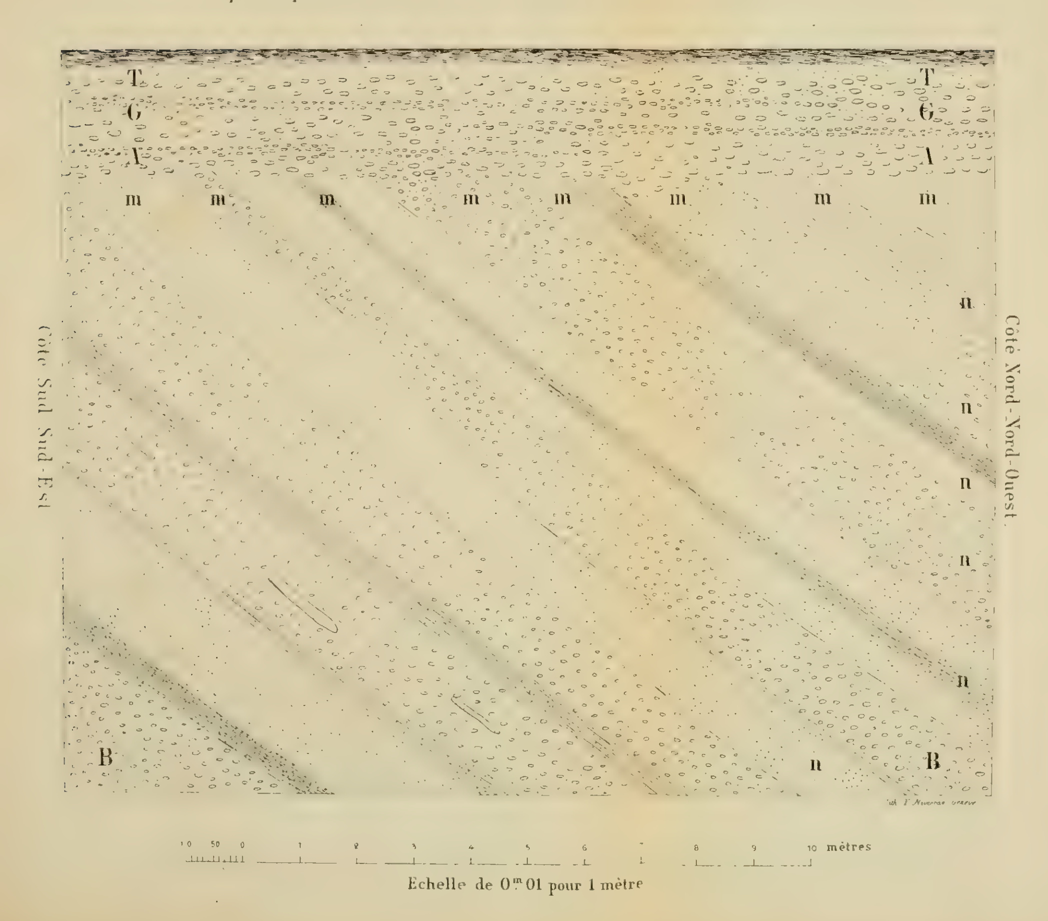
m, n, Couches inclinées alternatives de menu gravier et de sable fin

B, B, Plan horizontal au-dessous duquel le sol n'a pas été déblayé

N.B. *La ligne AA est à 28m 342 au-dessus du niveau moyen des Eaux du Lac de Genève*

Coupe du Terrain du PLATEAU DES TRANCHÉES près Genève

par un plan vertical, du Nord-Nord-Ouest au Sud-Sud-Est.



LEGENDE

TT Couche de terre végétale d'épaisseur variable.

GG Couches horizontales (Dépôt d'Alluvion antique) en gravier et galets. Épaisseur moyenne 2m 20

AA Arête ou plan d'intersection des Couches inclinées m n par les Couches horizontales G.G.

m, n, Couches inclinées alternatives de menu gravier et de sable fin

B, B, Plan horizontal au-dessous duquel le sol n'a pas été déblayé.

N.B. *La ligne AA est à 28m 342 au-dessus du niveau moyen des Eaux du Lac de Genève.*

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1869

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR
Professeur

Les observations météorologiques ayant été faites et réduites, dans les deux stations, suivant le même système que les années précédentes, je me bornerai à résumer sous la forme adoptée les résultats principaux pour l'année 1869, ainsi que leur comparaison avec la moyenne.

Température a GENÈVE 1869.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1868.	+ 8,54	+ 8,90	+ 8.10	+ 7.00	+ 6.54	+ 6,28	+ 6,21	+ 6,19	+ 6,15	+ 6,15	+ 6,18	+ 7,56	+ 6.98	+ 3,90	+10,38
Janv. 1869	+ 2.38	+ 3.14	+ 2.94	+ 1,70	+ 1.22	+ 0,47	+ 0,03	− 0,28	− 0,48	− 0,66	− 0,42	+ 0,76	+ 0,90	− 1,91	+ 4,77
Février . .	+ 7.51	+ 8.32	+ 7.74	+ 6,61	+ 5.63	+ 4.69	+ 4,09	+ 3,78	+ 3,43	+ 3,25	+ 3,46	+ 5,73	+ 5,35	+ 1,83	+ 9,79
Mars . . .	+ 3,83	+ 4,49	+ 4.27	+ 3,63	+ 2 80	+ 2,19	+ 1,63	+ 0,87	+ 0,25	+ 0,35	+ 1,50	+ 2,73	+ 2,38	− 0,44	+ 5,71
Avril . . .	+13.49	+14.34	+14,60	+13.27	+11,24	+ 9,62	+ 8.46	+ 6.76	+ 5.29	+ 5,81	+ 9,49	+11,74	+10.35	+ 4,89	+16,18
Mai	+17.76	+18.46	+18,32	+16.32	+14.87	+13.57	+12.62	+11,39	+10,84	+11,86	+14,49	+16.37	+14,74	+10,33	+20,16
Juin. . . .	+17.70	+19.03	+19.19	+17.74	+15.54	+13.53	+12.13	+10,95	+10,61	+11,56	+14.67	+16,06	+14,90	+ 9,40	+20,36
Juillet. . .	+24.00	+25,45	+25 33	+24,15	+21.86	+19.83	+18.26	+16,25	+15.16	+16.40	+20,27	+22,30	+20,78	+14.46	+26,85
Août . . .	+21,09	+21.95	+21,96	+20.55	+18.53	+16.53	+15.21	+13.63	+12,60	+13,58	+16,97	+19,20	+17,65	+11.70	+23,55
Septembre	+18.79	+19.90	+19,93	+18.17	+16.18	+14.80	+13,57	+11,94	+10,74	+11,41	+14,35	+16,84	+15,55	+10.34	+21,22
Octobre. .	+11,13	+11,83	+11,25	+ 9.54	+ 8.25	+ 7,08	+ 6,13	+ 5,43	+ 5.26	+ 5,98	+ 7,18	+ 9,52	+ 8,21	+ 4,57	+13,14
Novembre	+ 7,75	+ 8,19	+ 7.34	+ 5.84	+ 5.06	+ 4,54	+ 3,82	+ 3,06	+ 2,57	+ 2,73	+ 3,15	+ 5,62	+ 4,97	+ 1,16	+ 9,60
Hiver . . .	+ 6.10	+ 6,74	+ 6.21	+ 5,05	+ 4,42	+ 3,78	+ 3,42	+ 3,21	+ 3.02	+ 2,90	+ 3.06	+ 4,65	+ 4,38	+ 1,26	+ 8,26
Printemps	+11.67	+12,41	+12.37	+11,05	+ 9,62	+ 8,45	+ 7,56	+ 6,34	+ 5,46	+ 6,01	+ 8,49	+10,27	+ 9,14	+ 4,93	+13,99
Été	+20,96	+22.18	+22.19	+20,85	+18,68	+16,66	+15,23	+13,64	+12,82	+13.87	+17,33	+19,22	+17,81	+11,88	+23,62
Automne .	+12,54	+13,29	+12,82	+11,17	+ 9.81	+ 8,79	+ 7,82	+ 6,79	+ 6,18	+ 6,70	+ 8,22	+10,65	+ 9,56	+ 5,35	+14,64
Année . .	+12,86	+13,69	+13,44	+12,07	+10,67	+ 9,45	+ 8,54	+ 7,52	+ 6,89	+ 7,40	+ 9,31	+11,23	+10,26	+ 5,88	+15,17

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1869.

Décembre 1868	$t = +6°,98 + 1°,25 \sin(\mu + 61°,8) + 0°,58 \sin(2\mu + 48°,2) + 0°,15 \sin(3\mu + 47°,7)$
Janvier 1869 . .	$t = +0,90 + 1,75 \sin(\mu + 37,8) + 0,56 \sin(2\mu + 32,2) + 0,15 \sin(3\mu + 37,1)$
Février	$t = +5,38 + 2,38 \sin(\mu + 40,8) + 0,72 \sin(2\mu + 42,7) + 0,20 \sin(3\mu + 81,5)$
Mars	$t = +2,35 + 1,97 \sin(\mu + 37,3) + 0,38 \sin(2\mu + 74,3) + 0,09 \sin(3\mu + 243,4)$
Avril	$t = +10,35 + 4,35 \sin(\mu + 41,3) + 0,61 \sin(2\mu + 102,2) + 0,51 \sin(3\mu + 228,2)$
Mai	$t = +14,74 + 3,63 \sin(\mu + 52,3) + 0,45 \sin(2\mu + 92,5) + 0,30 \sin(3\mu + 262,4)$
Juin	$t = +14,90 + 4,20 \sin(\mu + 47,6) + 0,04 \sin(2\mu + 33,7) + 0,33 \sin(3\mu + 260,5)$
Juillet	$t = +20,78 + 4,87 \sin(\mu + 43,5) + 0,47 \sin(2\mu + 125,8) + 0,49 \sin(3\mu + 247,4)$
Août	$t = +17,65 + 4,54 \sin(\mu + 45,1) + 0,49 \sin(2\mu + 106,8) + 0,40 \sin(3\mu + 231,5)$
Septembre . . .	$t = +15,55 + 4,34 \sin(\mu + 42,6) + 0,63 \sin(2\mu + 83,7) + 0,36 \sin(3\mu + 245,1)$
Octobre	$t = +8,21 + 3,19 \sin(\mu + 52,8) + 0,51 \sin(2\mu + 60,9) + 0,06 \sin(3\mu + 9,5)$
Novembre . . .	$t = +4,97 + 2,56 \sin(\mu + 44,3) + 0,88 \sin(2\mu + 64,0) + 0,23 \sin(3\mu + 41,4)$
Hiver	$t = +4,38 + 1,75 \sin(\mu + 44,9) + 0,62 \sin(2\mu + 40,3) + 0,17 \sin(3\mu + 59,0)$
Printemps . . .	$t = +9,14 + 3,29 \sin(\mu + 44,4) + 0,49 \sin(2\mu + 94,2) + 0,31 \sin(3\mu + 244,7)$
Été	$t = +17,81 + 4,55 \sin(\mu + 45,1) + 0,34 \sin(2\mu + 116,9) + 0,42 \sin(3\mu + 246,4)$
Automne	$t = +9,56 + 3,35 \sin(\mu + 46,1) + 0,66 \sin(2\mu + 69,5) + 0,06 \sin(3\mu + 297,3)$
Année	$t = +10,26 + 3,24 \sin(\mu + 45,2) + 0,47 \sin(2\mu + 74,4) + 0,15 \sin(3\mu + 252,2)$

TEMPÉRATURE AU SAINT-BERNARD 1869.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1868	− 3,08	− 3,33	− 4,31	− 4,63	− 4,85	− 4,98	− 4,95	− 4,70	− 4,50	− 4,47	− 4,31	− 3,51	− 4,30
Janvier 1869 . .	− 7,33	− 7,01	− 7,89	− 8,84	− 9,10	− 8,97	− 9,06	− 9,37	− 9,65	− 9,77	− 9,65	− 8,59	− 8,77
Février	− 2,25	− 2,20	− 3,36	− 4,42	− 4,66	− 4,52	− 4,49	− 4,68	− 4,89	− 4,98	− 4,54	− 3,49	− 4,04
Mars	− 7,48	− 7,18	− 8,72	−10,49	−11,07	−11,48	−11,75	−12,45	−12,82	−12,31	−10,41	− 8,66	−10,40
Avril	+ 1,50	+ 1,54	+ 0,84	− 1,28	− 2,52	− 2,98	− 3,21	− 3,80	− 4,19	− 3,87	0,95	+ 0,44	− 1,54
Mai	+ 4,51	+ 4,78	+ 4,54	+ 3,25	+ 2,36	+ 2,15	+ 1,90	+ 1,28	+ 0,83	+ 1,34	+ 2,58	+ 3,75	+ 2,77
Juin	+ 4,42	+ 4,61	+ 3,65	+ 2,46	+ 1,57	+ 1,26	+ 0,85	− 0,04	− 0,59	+ 0,04	+ 2,65	+ 3,90	+ 2,07
Juillet	+12,04	+12,27	+11,64	+ 9,85	+ 8,98	+ 8,41	+ 8,03	+ 6,89	+ 6,33	+ 7,48	+10,02	+11,36	+ 9,44
Août	+ 7,89	+ 8,05	+ 7,30	+ 6,07	+ 5,40	+ 5,16	+ 4,91	+ 4,05	+ 3,57	+ 4,37	+ 6,15	+ 7,17	+ 5,84
Septembre . . .	+ 7,27	+ 7,43	+ 6,54	+ 5,40	+ 4,66	+ 4,07	+ 3,69	+ 3,04	+ 2,82	+ 3,56	+ 5,09	+ 6,40	+ 5,00
Octobre	− 0,98	− 0,84	− 1,13	− 2,30	− 2,65	− 2,96	− 3,26	− 3,86	− 4,27	− 3,97	− 3,13	− 1,73	− 2,59
Novembre . . .	− 3,13	− 3,05	− 4,34	− 4,63	− 4,21	− 4,30	− 4,45	− 4,60	− 4,54	− 4,63	− 4,66	− 3,87	− 4,20
Hiver	− 4,28	− 4,24	− 5,25	− 6,02	− 6,25	− 6,21	− 6,22	− 6,30	− 6,40	− 6,46	− 6,22	− 5,25	− 5,76
Printemps . . .	− 0,51	− 0,31	− 1,13	− 2,86	− 3,76	− 4,11	− 4,37	− 5,00	− 5,41	− 4,96	− 2,95	− 1,51	− 3,07
Été	+ 8,16	+ 8,35	+ 7,57	+ 6,17	+ 5,36	+ 4,98	+ 4,64	+ 3,67	+ 3,14	+ 4,01	+ 6,31	+ 7,52	+ 5,82
Automne	+ 1,03	+ 1,16	+ 0,36	− 0,51	− 0,74	− 1,06	− 1,36	− 1,83	− 2,02	− 1,71	− 0,92	+ 0,25	− 0,62
Année	+ 1,13	+ 1,27	+ 0,42	− 0,78	− 1,32	− 1,58	− 1,81	− 2,35	− 2,65	− 2,26	− 0,92	+ 0,28	− 0,88

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1869.

Décembre 1868.	$t = -4{,}30^\circ + 0{,}79^\circ \sin(\mu + 95{,}8) + 0{,}33^\circ \sin(2\mu + 70{,}5) + 0{,}18^\circ \sin(3\mu + 86{,}8)$
Janvier 1869 . .	$t = -8{,}77 + 1{,}02 \sin(\mu + 49{,}9) + 0{,}66 \sin(2\mu + 59{,}2) + 0{,}19 \sin(3\mu + 23{,}8)$
Février	$t = -4{,}04 + 1{,}10 \sin(\mu + 67{,}5) + 0{,}72 \sin(2\mu + 65{,}6) + 0{,}17 \sin(3\mu + 33{,}6)$
Mars	$t = -10{,}40 + 2{,}48 \sin(\mu + 66{,}4) + 0{,}87 \sin(2\mu + 84{,}8) + 0{,}11 \sin(3\mu + 326{,}3)$
Avril	$t = -1{,}54 + 2{,}82 \sin(\mu + 67{,}8) + 0{,}70 \sin(2\mu + 83{,}0) + 0{,}27 \sin(3\mu + 246{,}2)$
Mai.	$t = +2{,}77 + 1{,}79 \sin(\mu + 57{,}1) + 0{,}44 \sin(2\mu + 78{,}2) + 0{,}21 \sin(3\mu + 268{,}6)$
Juin	$t = +2{,}07 + 2{,}32 \sin(\mu + 64{,}5) + 0{,}67 \sin(2\mu + 109{,}3) + 0{,}25 \sin(3\mu + 252{,}6)$
Juillet	$t = +9{,}44 + 2{,}68 \sin(\mu + 63{,}6) + 0{,}65 \sin(2\mu + 109{,}8) + 0{,}39 \sin(3\mu + 268{,}5)$
Août	$t = +5{,}84 + 1{,}95 \sin(\mu + 63{,}3) + 0{,}58 \sin(2\mu + 102{,}0) + 0{,}25 \sin(3\mu + 275{,}3)$
Septembre . . .	$t = +5{,}00 + 2{,}14 \sin(\mu + 63{,}1) + 0{,}50 \sin(2\mu + 96{,}1) + 0{,}10 \sin(3\mu + 286{,}7)$
Octobre	$t = -2{,}59 + 1{,}53 \sin(\mu + 51{,}7) + 0{,}48 \sin(2\mu + 84{,}1) + 0{,}06 \sin(3\mu + 297{,}8)$
Novembre . . .	$t = -4{,}20 + 0{,}51 \sin(\mu + 66{,}9) + 0{,}46 \sin(2\mu + 81{,}3) + 0{,}30 \sin(3\mu + 53{,}1)$
Hiver.	$t = -5{,}76 + 0{,}92 \sin(\mu + 69{,}2) + 0{,}57 \sin(2\mu + 63{,}6) + 0{,}17 \sin(3\mu + 49{,}0)$
Printemps . . .	$t = -3{,}07 + 2{,}35 \sin(\mu + 64{,}2) + 0{,}69 \sin(2\mu + 84{,}2) + 0{,}20 \sin(3\mu + 269{,}5)$
Été.	$t = +5{,}82 + 2{,}32 \sin(\mu + 63{,}4) + 0{,}65 \sin(2\mu + 108{,}7) + 0{,}31 \sin(3\mu + 269{,}4)$
Automne	$t = -0{,}62 + 1{,}40 \sin(\mu + 59{,}5) + 0{,}59 \sin(2\mu + 87{,}5) + 0{,}09 \sin(3\mu + 21{,}6)$
Année	$t = -0{,}88 + 1{,}75 \sin(\mu + 63{,}6) + 0{,}59 \sin(2\mu + 72{,}6) + 0{,}10 \sin(3\mu + 297{,}8)$

Si l'on compare la température de chaque mois, des saisons et de l'année entière, avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des 40 années 1826-65, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	ÉCARTS.		
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
	o	o	o
Décembre 1868.	+6,14	+3,29	+2,85
Janvier 1869 . . .	+1,19	+0,27	+0,92
Février.	+4,03	+4,57	—0,54
Mars	—2,15	—3,08	+0,93
Avril.	+1,52	+1,73	—0,21
Mai	+1,64	+2,26	—0,62
Juin.	—1,88	—2,02	+0,14
Juillet.	+2,17	+3,28	—1,11
Août	—0,24	—0,14	+0,10
Septembre.	+1,18	+1,68	—0,50
Octobre	—1,72	—2,11	+0,39
Novembre	+0,38	+1,10	—0,72
Hiver	+3,78	+2,64	+1,14
Printemps	+0,32	+0,29	+0,03
Été	+0,04	+ ,40	—0,36
Automne	—0,07	+0,20	—0,27
Année.	+1,01	+0,88	+0,13

On trouve ainsi à Genève des anomalies prononcées, et dépassant notablement les limites de l'écart probable, dans les mois de décembre 1868, janvier, mars, avril, mai, juin, juillet et octobre. La température du mois de décembre a été tout à fait exceptionnelle, et elle dépasse considérablement celle qui avait été observée depuis l'année 1826, le mois de décembre le plus chaud dans toute la série étant celui de l'année 1833, avec 5°,81, par conséquent de 1°,17 au-dessous de celui de 1868. Le mois de février présente également un excédant considérable, et qui n'avait été dépassé qu'en 1833, 1866 et 1867. Le mois de mars, au contraire, ayant été notablement plus froid que de coutume, il en résulte que dans l'année 1869, le mois de février a été de près de 3° plus chaud que celui de mars, tandis qu'il est ordinairement plus froid de plus de 3°. Par suite des anomalies prononcées, et en sens inverse, dans deux mois consécutifs, on ne trouve de mai à juin qu'un accroissement de 0°,16, au lieu de l'accroissement moyen 3°,68; par contre de juin

à juillet l'accroissement a été de 5°,88, au lieu de 1°,83. L'hiver de 1869 a été remarquablement doux; depuis l'année 1826 on ne rencontre que celui de l'année 1834 qui ait été plus chaud; c'est à la température exceptionnelle de l'hiver qu'est due l'élévation de celle de l'année entière, car les autres saisons ne présentent que des écarts insignifiants; les années 1828, 1834, 1846 et 1862 sont les seules dont la température ait dépassé celle de 1869.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de température, sont donnés dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résumés antérieurs. J'ai relevé également la température moyenne de cinq jours en cinq jours, du 1er janvier au 31 décembre 1869, en inscrivant dans la colonne suivante l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 40 années 1826-65; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses. Sur les 73 périodes de cette année civile, il s'en trouve 46 pour lesquelles l'écart est positif, et 27 pour lesquelles il est négatif. Sur les 46 écarts positifs, 28 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum positif +7°,06 tombe sur la période du 10 au 14 février. Sur les 27 écarts négatifs, 17 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum négatif — 8°,28 tombe sur la période du 28 octobre au 1er novembre. La période des cinq jours consécutifs les plus froids de l'année civile est comprise du 27 au 31 décembre, avec une température moyenne de —7°,54, et celle des cinq jours consécutifs les plus chauds est comprise du 10 au 14 juillet, avec une température moyenne de +23°,09.

GENÈVE 1869.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très-froids	froids		tempérés		chauds		très-chauds		
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1868 .	—	—	9	15	7	—	—	—	+ 0°,69 le 1	+13°,22 le 7
Janv. 1869.	4	9	13	5	—	—	—	—	- 7,93 le 23	+ 6,85 le 8
Février. . .	—	—	12	13	3	—	—	—	+ 0,03 le 8	+11,87 le 12
Mars	—	5	24	2	—	—	—	—	- 2,16 le 8	+ 6,96 le 19
Avril. . . .	—	—	2	12	15	1	—	—	+ 3,74 le 4	+15,08 le 29
Mai	—	—	—	—	16	15	—	—	+11,95 le 20	+17,22 le 28
Juin	—	—	—	1	15	12	2	—	+ 9,85 le 1	+21,15 le 13
Juillet . . .	—	—	—	—	3	5	22	1	+11,90 le 1	+25,20 le 13
Août	—	—	—	—	5	21	5	—	+13,51 le 11	+23,39 le 5
Septembre.	—	—	—	—	11	19	—	—	+11,18 le 23	+18,39 le 15
Octobre . .	—	3	5	8	13	2	—	—	- 2,34 le 28	+15,36 le 1
Novembre .	—	—	14	14	2	—	—	—	+ 0,04 le 1	+10,26 le 28
Année . . .	4	17	79	70	90	75	29	1	- 7,93 le 23 janvier	+25,20 le 13 juillet

GENÈVE 1869.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1868	1	30	1	± 7°,30	− 1°,63 le 1	+12°,20 le 29	± 3°,39	− 7°,65 le 29	+ 6°,48 le 20
Janvier 1869	13	18	4	4,38	− 7,65 le 23	+ 7,37 le 8	2,37	− 5,39 le 22	+ 5,34 le 15
Février . . .	3	25	4	5,12	− 0,68 le 8	+10,83 le 1	2,84	− 6,49 le 1	+ 6,72 le 8
Mars	27	4	3	3,15	− 6,50 le 28	+ 2,67 le 2	2,12	− 5,29 le 2	+ 3,81 le 5
Avril	11	19	3	3,46	− 3,43 le 4	+ 6,41 le 11	1,66	− 4,74 le 15	+ 2,43 le 8
Mai.	5	26	5	2,65	− 2,87 le 31	+ 4,86 le 4	1,73	− 2,77 le 19	+ 3,14 le 12
Juin	21	9	6	3,86	− 7,26 le 21	+ 4,51 le 13	2,42	− 5,58 le 29	+ 6,70 le 12
Juillet . . .	4	27	1	3,73	− 6,27 le 1	+ 6,50 le 13	1,63	− 3,36 le 13	+ 4,24 le 3
Août	18	13	8	2,63	− 4,67 le 11	+ 5,35 le 29	2,33	− 6,00 le 1	+ 4,46 le 4
Septembre .	10	20	7	2,45	− 2,44 le 3	+ 5,26 le 30	1,95	− 3,81 le 20	+ 4,86 le 17
Octobre . . .	18	13	5	4,26	−10,09 le 28	+ 4,30 le 9	2,02	− 3,48 le 17	+ 3,94 le 8
Novembre .	12	18	7	3,31	− 7,02 le 1	+ 7,52 le 28	3,13	− 6,71 le 30	+ 5,67 le 3
Année . . .	143	222	54	±4,00	−10,09 le 28 octobre.	+12,20 le 29 décemb. 1868	±2,32	− 7,65 le 29 décemb. 1868	+ 6,72 le 8 février 1869.

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-30° et -25	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1868	—	—	—	—	14	13	4	—	—	—	-9°,99 le 26	+3°,48 le 7
Janvier 1869 . .	—	—	4	8	13	6	—	—	—	—	-17,88 le 23	-2,41 le 6
Février	—	—	—	1	13	9	5	—	—	—	-11,03 le 28	+1,96 le 6
Mars	—	—	2	17	11	1	—	—	—	—	-17,93 le 4	-4,82 le 25
Avril	—	—	—	—	8	9	13	—	—	—	-9,20 le 4	+3,80 le 30
Mai	—	—	—	—	—	1	28	2	—	—	-0,35 le 31	+6,09 le 5
Juin	—	—	—	—	—	11	10	9	—	—	-4,29 le 1	+7,45 le 7
Juillet	—	—	—	—	—	1	3	10	17	—	-0,29 le 1	+13,79 le 13
Août	—	—	—	—	—	1	11	14	5	—	-2,07 le 11	+11,47 le 5
Septembre . . .	—	—	—	—	—	2	13	14	1	—	-3,75 le 22	+10,08 le 15
Octobre.	—	—	2	3	6	5	13	2	—	—	-15,75 le 30	+7,50 le 8
Novembre . . .	—	—	—	3	8	15	4	—	—	—	-13,59 le 11	+3,24 le 16
Année	—	—	8	32	73	74	104	51	23	—	-17,93 le 4 mars.	+13,79 le 13 juillet.

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1868 . .	4	27	7	± 4°,74	− 1°,62 le 26	+10°,69 le 7	± 3°.43	− 7°.33 le 22	+ 6°.90 le 20
Janvier 1869	13	18	7	4.21	− 8,81 le 23	+ 6,36 le 6	2.85	− 7,86 le 10	+ 4,87 le 11
Février . . .	1	27	1	5.91	− 2,74 le 28	+10,98 le 6	3.09	− 8,91 le 27	+ 4,48 le 4
Mars	28	3	4	4.28	− 9,88 le 4	+ 1,44 le 25	2.30	− 6,73 le 2	+ 5,42 le 4
Avril	10	20	3	4,48	− 3,84 le 18	+ 7,59 le 13	2.35	− 4,21 le 16	+ 5.85 le 5
Mai *	3	27	3	2.99	− 2,90 le 31	+ 6,95 le 5	2,16	− 5.13 le 5	+ 2.40 le 4
Juin.	19	11	6	4.28	− 7,88 le 15	+ 4,11 le 7	2,50	− 8,34 le 14	+ 4.24 le 11
Juillet . . .	5	26	3	4.88	− 5,69 le 1	+ 7,76 le 13	2,07	− 6,85 le 13	+ 3,05 le 15
Août	15	16	10	3.71	− 8,32 le 11	+ 5,53 le 26	3,53	− 7,57 le 1	+ 8,74 le 3
Septembre .	9	21	9	3,47	− 6,51 le 22	+ 7,33 le 25	3,00	− 5,97 le 15	+ 5,65 le 24
Octobre. . .	16	15	3	5,94	−13,14 le 28	+ 7,03 le 8	2,86	− 9,29 le 26	+ 8,34 le 31
Novembre .	11	19	13	4,29	− 9,08 le 11	+ 8,38 le 16	5,08	−11,87 le 30	+10,75 le 12
Année . . .	134	230	69	± 4,43	−13,14 le 28 octobre.	+10,98 le 6 février.	± 2,99	−11,87 le 30 novembre.	+10,75 le 12 novembre.

* Le 30 l'écart est 0.

1869. Température de 5 en 5 jours.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 3,12	(+3,54)	30– 4 Juillet	+13,60	(–4,63)
6–10 id.	+ 5,29	(+5,81)	5– 9 id.	+20,58	(+2,10)
11–15 id.	+ 0,20	+0,72	10–14 id.	+23,09	(+4,42)
16–20 id.	+ 1,07	+1,51	15–19 id.	+20,80	(+2,02)
21–25 id.	– 5,35	(–5,07)	20–24 id.	+22,74	(+3,93)
26–30 id.	– 0,05	–0,01	25–29 id.	+20,96	(+2,19)
31– 4 Février	+ 5,60	(+5,33)	30– 3 Août	+20,55	(+1,90)
5– 9 id.	+ 2,30	+1,67	4– 8 id.	+19,68	+1,23
10–14 id.	+ 8,12	(+7,06)	9–13 id.	+15,72	(–2,46)
15–19 id.	+ 5,00	(+3,47)	14–18 id.	+16,04	(–1,81)
20–24 id.	+ 5,12	(+3,07)	19–23 id.	+16,28	–1,17
25– 1 Mars	+ 4,72	(+2,12)	24–28 id.	+18,34	+1,35
2– 6 id.	+ 1,15	(–2,03)	29– 2 Septemb.	+18,30	(+1,82)
7–11 id.	+ 0,63	(–3,15)	3– 7 id.	+15,36	–0,56
12–16 id.	+ 1,53	(–2,87)	8–12 id.	+16,32	+1,02
17–21 id.	+ 4,36	–0,68	13–17 id.	+16,21	(+1,60)
22–26 id.	+ 3,69	(–2,00)	18–22 id.	+15,38	+1,43
27–31 id.	+ 2,51	(–3,85)	23–27 id.	+14,08	+0,87
1– 5 Avril	+ 5,07	(–1,96)	28– 2 Octobre	+15,80	(+3,33)
6–10 id.	+10,26	(+2,55)	3– 7 id.	+11,92	+0,27
11–15 id.	+14,22	(+5,81)	8–12 id.	+13,02	(+2,19)
16–20 id.	+ 7,72	–1,38	13–17 id.	+11,31	+1,33
21–25 id.	+10,79	+0,98	18–22 id.	+ 6,10	(–3,03)
26–30 id.	+14,03	(+3,51)	23–27 id.	+ 3,58	(–4,69)
1– 5 Mai	+15,10	(+3,86)	28– 1 Novemb.	– 0,88	(–8,28)
6–10 id.	+14,36	(+2,41)	2– 6 id.	+ 6,69	+0,15
11–15 id.	+15,07	(+2,41)	7–11 id.	+ 5,07	–0,62
16–20 id.	+14,85	+1,48	12–16 id.	+ 4,93	+0,07
21–25 id.	+14,10	+0,05	17–21 id.	+ 5,60	+1,54
26–30 id.	+15,45	+0,73	22–26 id.	+ 1,53	–1,78
31– 4 Juin	+12,29	(+3,07)	27– 1 Décemb.	+ 6,24	(+3,65)
5– 9 id.	+18,34	(+2,38)	2– 6 id.	– 1,45	(–3,39)
10–14 id.	+16,37	–0,16	7–11 id.	+ 0,76	–0,59
15–19 id.	+11,90	(–5,14)	12–16 id.	+ 4,28	(+3,45)
20–24 id.	+12,42	(–5,08)	17–21 id.	+ 6,33	(+5,94)
25–29 id.	+17,73	–0,17	22–26 id.	+ 0,66	+0,63
			27–31 id.	– 7,54	(–7,30)

GENÈVE, 1869. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Décembre 1868	— 1,9	le 1	+17,6	le 7 et 22	4	0
Janvier 1869 ..	—12,0	le 26	+13,0	le 8	21	4
Février.......	— 3,6	le 8	+18,0	le 12	6	0
Mars.........	— 4,9	le 29	+12,0	le 19	16	0
Avril.........	— 2,1	le 2	+22,1	le 14	3	0
Mai	+ 5,7	le 3	+23,7	le 27	0	0
Juin	+ 5,2	le 3	+29,7	le 8	0	0
Juillet........	+ 6,8	le 2	+33,8	le 21	0	0
Août.........	+ 5,0	le 12	+31,7	le 5	0	0
Septembre....	+ 5,0	le 25	+27,1	le 15	0	0
Octobre	— 6,6	le 28	+21,3	le 9	7	0
Novembre	— 5,7	le 1	+16,0	le 15	12	0
Année........	—12,0	le 26 janv.	+33,8	le 21 juillet	69	4

Le minimum s'est abaissé le 6 avril pour la dernière fois au-dessous de 0°, au printemps; cette date est de 15 jours environ plus hâtive que de coutume, la dernière gelée blanche a eu lieu le 22 avril. C'est le 24 octobre, cinq jours plus tôt que de coutume, que le minimum s'est abaissé la première fois au-dessous de 0, en automne; cinq jours auparavant, le 19 octobre, il y avait déjà eu une gelée blanche.

Au Saint-Bernard, où l'absence de thermométrographes ne permet pas d'observer le maximum et le minimum absolus, mais seulement la plus haute et la plus basse des températures accusées par le thermomètre de 6 h. du matin à 10 h. du soir, on trouve dans chaque mois de cette année des températures au-dessous de 0°, de même aussi dans chaque mois des températures au-dessus de 0°. Le petit lac près de l'hospice a été entièrement débarrassé de la glace de l'hiver le 22 juin, près d'un mois plus tôt que de coutume; la congélation a eu lieu le 23 octobre, c'est-à-dire à peu près à l'époque moyenne.

SAINT-BERNARD 1869.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1868	—11,5	le 26 à 8 h. soir.	+ 5,0	le 7 à midi.
Janv. 1869	—19,6	le 23 à 8 h. mat.	+ 0,9	le 10 à 2 h. soir.
Février. .	—15,0	le 28 à 10 h. soir.	+ 5,4	le 6 à 2 h. soir.
Mars . . .	—20,0	le 4 à 10 h. soir.	+ 2,0	le 25 à midi.
Avril . . .	—13,3	le 1 à 6 h. mat.	+ 9,4	le 13 à 4 h. soir.
Mai. . . .	— 2,8	le 31 à 10 h. soir.	+10,8	le 5 à 4 h. soir.
Juin . . .	— 6,0	le 2 à 6 h. mat.	+11,4	le 12 à 2 h. soir.
Juillet . .	— 1,4	le 2 à 6 h. mat.	+17,3	le 30 à midi.
Août . . .	— 3,8	le 12 à 6 h. mat.	+15,7	le 1 à 2 h. soir.
Septembre	— 4,2	le 22 à 8 h. mat. et le 23 à 6 h. mat.	+13,6	le 15 à 4 h. soir.
Octobre. .	—17,4	le 30 à 8 h. mat.	+ 9,4	le 8 à midi.
Novembre	—14,9	le 12 à 6 h. mat.	+ 5,2	le 16 à 10 h. mat.
Année . .	—20,0	le 4 à 10 h. soir. mars.	+17,3	le 30 à midi. juillet.

Température du Rhône en 1869.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Excédant sur la moyenne 1853–1867	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1868 . .	+ 7,97	+1,17	+ 6,8 le 30	+ 8,7 le 7 et 8	+0,99
Janvier 1869 . . .	+ 6,02	+0,94	+ 3,8 le 25	+ 7,0 le 2 et 11	+5,12
Février	+ 6.07	+1,15	+ 5,7 le 9	+ 6,6 le 27	+0,72
Mars	+ 5,81	—0,26	+ 4,8 le 5	+ 6,6 le 20	+3,43
Avril	+ 9,48	+0,70	+ 6,3 le 5	+12,6 le 14 et 15	—0,87
Mai	+11,73	+0,40	+ 7,8 le 10	+14,1 le 31	—3,01
Juin	+14,66	—0,36	+ 8,1 le 26	+19,2 le 28	—0,24
Juillet	+20,14	+2,58	+16,5 le 2 et 3	+22,6 le 13	—0,64
Août	+18,26	—0,33	+ 9,0 le 11	+21,8 le 7	+0,61
Septembre.	+16,40	—0,60	+10,0 le 14	+18,8 le 1, 2, 8, 9 et 10	+0,85
Octobre	+14,28	+0,03	+ 7,8 le 30	+17,7 le 1	+6,07
Novembre	+ 8,74	—1,06	+ 7,9 le 8, 9, 10, 11, 22 et 23	+10,3 le 5	+3,77
Année.	+11,70	+0,40	+ 3,8 le 25 janvier.	+22,6 le 13 juillet	+1,44

Température du Rhône en 1869.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1868*	±1°,31	0°,0 le 1	+2°,0 le 23	±0°,19	—0°,4 le 24	+0°,3 le 4, 6, 16 et 22
Janvier 1869 .	1,32	—0,9 le 25	+1,9 les 11, 12, 16	0,31	—0,9 le 23	+0,6 le 27
Février.* . . .	1,18	+0,8 le 26	+1,5 le 13	0,18	—0,3 le 14	+0,5 le 26
Mars	0,69	—1,4 le 24	+0,9 le 1	0,35	—0,7 le 3	+0,9 le 5
Avril	1,97	—1,3 le 5	+4,2 les 14 et 15	0,99	—3,6 le 16	+1,7 le 23 et 30
Mai	1,78	—3,1 le 10	+3,8 le 1	1,15	—3,1 le 7	+2,7 le 20
Juin	2,92	—6,8 le 16	+3,7 les 10 et 11	1,54	—4,7 le 14	+3,0 le 17
Juillet	3,04	—0,1 le 3	+5,2 le 13	0,79	—1,5 le 29	+1,6 le 30
Août.	3,15	—9,6 le 11	+3,3 le 7	2,35	-11,5 le 9	+4,1 le 11
Septembre . .	2,47	—7,4 le 14	+1,6 le 30	1,32	—4,1 le 13	+2,7 le 14
Octobre	1,49	—4,4 le 30	+2,0 les 12 et 13	0,90	—3,8 le 29	+1,1 les 30 et 31
Novembre**. .	1,62	—3,1 le 8	—0,1 le 30	0,35	—0,8 les 6 et 7	+0,8 le 11

* Pendant tout ce mois, l'écart n'a pas été au-dessous de 0.
** » » » » au-dessus de 0.

GENÈVE 1869. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1868	725,64	+0,21	-0,47	-0,34	-0,19	+0,10	+0,19	+0,06	-0,19	-0,30	-0,13	+0,30	+0,80
Janvier 1869 .	731,73	+0,30	-0,28	-0,26	-0,02	+0,15	+0.05	-0,15	-0,26	-0,33	-0,13	+0,29	+0,70
Février	731,64	+0,12	-0,60	-0,59	-0,13	+0,21	+0,47	+0,22	-0,13	-0,28	+0,01	+0,30	+0,41
Mars	717,50	+0,10	-0,23	-0,22	+0,02	+0,36	+0,35	-0,04	-0,30	-0,25	+0,02	+0,12	+0,16
Avril	726.68	+0,04	-0,43	-0,74	-0,60	-0,10	+0,18	+0,12	-0.08	+0,02	+0,40	+0,64	+0,56
Mai	723,33	+0,02	-0,40	-0,78	-0,54	0,15	+0,30	+0,27	+0,07	+0.09	+0,33	+0,47	+0,34
Juin	727,76	+0,14	-0,31	-0,60	-0,71	-0,40	+0.09	+0,22	+0,08	+0,10	+0.36	+0,55	+0,46
Juillet	728,43	+0,01	-0,45	-0.75	-0,71	-0,23	+0,29	+0.30	+0,07	+0.07	+0,37	+0,59	+0,44
Août.	729,11	+0,13	-0,32	-0,56	-0,57	-0,09	+0,20	+0,11	-0,12	-0,08	+0,30	+0,51	+0.52
Septembre . .	728.00	+0,30	-0,32	-0,76	-0,67	-0,07	+0,26	+0,11	-0,22	-0,17	+0,29	+0,58	+0,66
Octobre	728,85	+0,11	-0,39	-0,56	-0,10	+0,24	+0,49	+0,12	-0,34	-0,46	-0,08	+0,42	+0,55
Novembre . . .	727,81	+0,06	-0,38	-0,44	-0,20	0,00	-0,04	-0,18	-0,31	-0,18	+0,33	+0,67	+0,69
Hiver	729,60	+0,21	-0,45	-0,39	-0,11	+0,15	+0,23	+0,04	-0,19	-0,30	-0,09	+0,30	+0,65
Printemps. . .	722,46	+0,05	-0,35	-0,58	-0,37	+0,04	+0,27	+0,12	-0,10	-0,05	+0,25	+0,41	+0,35
Été	728,44	+0,09	-0,36	-0,64	-0,66	-0,24	+0,20	+0,21	+0,01	+0,03	+0,34	+0,55	+0,47
Automne . . .	728,23	+0,16	-0,37	-0,58	-0,32	+0,06	+0,24	+0,02	-0,29	-0,27	+0,18	+0,56	+0,63
Année.	727,17	+0,13	-0,38	-0,55	-0,36	0,00	+0,24	+0,10	-0,14	-0,15	+0,17	+0,45	+0,52

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1869.

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1868.	B = 725.64	+0.15 sin (μ +144.4)	+0.42 sin (2 μ +159.5)	+0.14 sin (3 μ +180.0)
Janvier 1869 . .	B = 731.73	+0.21 sin (μ +112.8)	+0.35 sin (2 μ +166.9)	+0.13 sin (3 μ +161,6)
Février	B = 731,64	+0.16 sin (μ +223.7)	+0.46 sin (2 μ +164.7)	+0.04 sin (3 μ +164,1)
Mars.	B = 717.50	+0.06 sin (μ + 0,0)	+0.27 sin (2 μ +178.9)	+0.06 sin (3 μ + 54,3)
Avril	B = 726.68	+0.45 sin (μ +181.3)	+0.37 sin (2 μ +164.5)	+0.05 sin (3 μ +347,5)
Mai	B = 723.33	+0,42 sin (μ +197.2)	+0 32 sin (2 μ +154.2)	+0.06 sin (3 μ +357.1)
Juin	B = 727,76	+0.48 sin (μ +179.6)	+0.27 sin (2 μ +141.0)	+0.08 sin (3 μ +320,2)
Juillet	B = 728.43	+0.49 sin (μ +191.9)	+0.35 sin (2 μ +152,4)	+0,08 sin (3 μ +325.7)
Août	B = 729.11	+0.35 sin (μ +174.6)	+0.35 sin (2 μ +158.4)	+0.06 sin (3 μ +340,7)
Septembre. . .	B = 728.00	+0.39 sin (μ +168.1)	+0.47 sin (2 μ +155.1)	+0.07 sin (3 μ + 8.1)
Octobre.	B = 728.85	+0.05 sin (μ +172.5)	+0.51 sin (2 μ +166.5)	+0,02 sin (3 μ +225,0)
Novembre . . .	B = 727,81	+0,33 sin (μ +149,2)	+0,39 sin (2 μ +186,7)	+0,06 sin (3 μ +217,9)
Hiver.	B = 729.60	+0,11 sin (μ +147,7)	+0.40 sin (2 μ +163.3)	+0,11 sin (3 μ +170,2)
Printemps . . .	B = 722,46	+0,26 sin (μ +190,7)	+0.32 sin (2 μ +166.0)	+0,05 sin (3 μ + 18,2)
Été	B = 728.44	+0.43 sin (μ +183.1)	+0.32 sin (2 μ +150,7)	+0.07 sin (3 μ +326,6)
Automne	B = 728,23	+0,24 sin (μ +159,7)	+0,44 sin (2 μ +168,1)	+0,01 sin (3 μ +298,4)
Année	B = 727,17	+0,26 sin (μ +176,1)	+0,37 sin (2 μ +162,9)	+0,00 sin (3 μ +316,5)

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1868.	562,55	+0,22	+0,0[illegible]	−0,01	+0,03	+0,01	+0,07	+0,08	−0,10	−0,34	−0,27	−0,04	+0,33
Janvier 1869 . .	564,17	+0,17	−0,06	+0,03	+0,06	+0,23	+0,25	+0,08	−0,27	−0,53	−0,34	+0,04	+0,37
Février	566,58	+0,16	−0,15	−0,17	−0,04	+0,12	+0,14	−0,05	−0,28	−0,31	−0,04	+0,24	+0,36
Mars	551,60	+0,12	−0,02	−0,09	+0,09	+0,30	+0,39	+0,19	−0,23	−0,47	−0,31	−0,06	+0,08
Avril	563,82	+0,10	+0,04	+0,06	+0,33	+0,40	+0,39	+0,15	−0,20	−0,47	−0,48	−0,29	−0,05
Mai.	563,67	+0,13	+0,10	+0,12	+0,07	+0,16	+0,24	+0,02	−0,28	−0,38	−0,21	−0,04	+0,07
Juin	566,04	+0,10	+0,14	+0,18	+0,19	+0,28	+0,36	+0,13	−0,30	−0,52	−0,35	−0,18	−0,03
Juillet	570,60	+0,08	+0,01	+0,02	+0,12	+0,29	+0,44	+0,26	−0,24	−0,57	−0,38	−0,11	+0,09
Août	569,04	+0,12	+0,15	+0,15	+0,09	+0,22	+0,28	+0,02	−0,33	−0,47	−0,31	−0,06	+0,14
Septembre . . .	568,63	+0,20	+0,08	+0,03	+0,04	+0,27	+0,31	+0,14	−0,31	−0,59	−0,38	+0,03	+0,18
Octobre.	564,94	+0,02	−0,11	−0,13	+0,01	+0,22	+0,38	+0,25	−0,12	−0,36	−0,22	−0,05	+0,11
Novembre . . .	562,57	+0,20	−0,06	0,00	+0,10	+0,17	+0,16	−0,08	−0,45	−0,55	−0,16	+0,27	+0,35
Hiver	564,36	+0,19	−0,05	−0,05	+0,02	+0,12	+0,15	+0,04	−0,21	−0,39	−0,22	+0,07	+0,36
Printemps . . .	559,65	+0,12	+0,04	+0,03	+0,17	+0,29	+0,34	+0,12	−0,24	−0,44	−0,33	−0,13	+0,04
Été	568,59	+0,10	+0,09	+0,12	+0,12	+0,26	+0,36	+0,13	−0,29	−0,52	−0,35	−0,12	+0,06
Automne	565,38	+0,14	−0,03	−0,03	+0,05	+0,22	+0,28	+0,10	−0,29	−0,50	−0,25	+0,08	+0,21
Année	564,49	+0,14	+0,02	+0,02	+0,09	+0,22	+0,28	+0,10	−0,26	−0,46	−0,29	−0,02	+0,17

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver	165,24	+0,02	−0,40	−0,34	−0,13	+0,03	+0,08	0,00	+0,02	+0,09	+0,13	+0,23	+0,29
Printemps . . .	162,81	−0,07	−0,39	−0,61	−0,54	−0,25	−0,07	0,00	+0,14	+0,39	+0,58	+0,54	+0,31
Été	159,85	−0,01	−0,45	−0,76	−0,78	−0,50	−0,16	+0,08	+0,30	+0,55	+0,69	+0,67	+0,41
Automne	162,85	+0,02	−0,34	−0,55	−0,37	−0,16	−0,04	−0,08	0,00	+0,23	+0,43	+0,48	+0,42
Année	162,68	−0,01	−0,40	−0,57	−0,45	−0,22	−0,04	0,00	+0,12	+0,31	+0,46	+0,47	+0,35

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1869

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1868.	B = 562,55	+0,14 sin (μ + 45,0)	+0,19 sin (2 μ +127,5)	+0,07 sin (3 μ +201,0)
Janvier 1869 . .	B = 564,17	+0,21 sin (μ + 27,8)	+0,28 sin (2 μ +152,5)	+0,07 sin (3 μ +219,3)
Février.	B = 566,58	+0,11 sin (μ + 93,2)	+0,27 sin (2 μ +169,1)	+0,01 sin (3 μ +213,7)
Mars	B = 551,60	+0,24 sin (μ +352,7)	+0,26 sin (2 μ +147,5)	+0,03 sin (3 μ +306,9)
Avril	B = 563,82	+0,37 sin (μ +352,3)	+0,19 sin (2 μ +143,9)	+0,02 sin (3 μ +153,4)
Mai.	B = 563,67	+0,21 sin (μ + 21,0)	+0,14 sin (2 μ +150,8)	+0,05 sin (3 μ +328,1)
Juin	B = 566,04	+0,33 sin (μ + 3,5)	+0,17 sin (2 μ +143,1)	+0,07 sin (3 μ +316,7)
Juillet	B = 570,60	+0,28 sin (μ +353,9)	+0,27 sin (2 μ +144,0)	+0,07 sin (3 μ +282,1)
Août	B = 569,04	+0,26 sin (μ + 21,3)	+0,18 sin (2 μ +150,4)	+0,05 sin (3 μ +319,9)
Septembre . . .	B = 568,63	+0,25 sin (μ + 17,8)	+0,28 sin (2 μ +144,7)	+0,06 sin (3 μ +279,5)
Octobre	B = 564,94	+0,16 sin (μ +330,3)	+0,24 sin (2 μ +147,0)	+0,04 sin (3 μ +284,0)
Novembre . . .	B = 562,57	+0,23 sin (μ + 54,8)	+0,29 sin (2 μ +172,0)	+0,07 sin (3 μ +261,9)
Hiver.	B = 564,36	+0,14 sin (μ + 47,4)	+0,23 sin (2 μ +151,3)	+0,05 sin (3 μ +208,5)
Printemps . . .	B = 559,65	+0,26 sin (μ + 0,3)	+0,19 sin (2 μ +148,1)	+0,02 sin (3 μ +320,6)
Été	B = 568,59	+0,28 sin (μ + 6,0)	+0,20 sin (2 μ +145,6)	+0,06 sin (3 μ +304,7)
Automne	B = 565,38	+0,18 sin (μ + 20,0)	+0,26 sin (2 μ +155,7)	+0,05 sin (3 μ +275,8)
Année	B = 564,49	+0,21 sin (μ + 13,5)	+0,22 sin (2 μ +150,5)	+0,03 sin (3 μ +273,1)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites pour Genève des 32 années 1836 à 1867, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-1867, on trouve les écarts suivants :

	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1868	−2,79	+0,23	−3,02
Janvier 1869. .	+4,50	+3,68	+0,82
Février.	+5,18	+6,34	−1,16
Mars	−7,43	−8,11	+0,68
Avril.	+2,14	+2,19	−0,05
Mai	−1,75	−0,17	−1,58
Juin	+0,63	−1,07	+1,70
Juillet	+0,67	+2,12	−1,45
Août.	+1,46	+0,64	+0,82
Septembre . . .	+0,44	+1,18	−0,74
Octobre	+2,33	+0,34	+1,99
Novembre . . .	+1,83	+0,54	+1,29
Année	+0,56	+0,61	−0,05

Dans les deux stations, la pression atmosphérique a été en moyenne dans l'année plus forte que de coutume. A Genève, les mois de janvier, février, avril, août et octobre présentent un excédant qui dépasse les limites de l'écart probable, tandis que les mois de mars et de mai donnent un écart négatif en dehors de ces limites ; au mois de mars, en particulier, la hauteur moyenne du baromètre est la plus faible qui ait été enregistrée depuis l'année 1836. Dans les mois de juin, octobre et novembre, le baromètre a été relativement plus élevé à Genève qu'au Saint-Bernard d'une quantité dépassant un millimètre ; l'inverse a eu lieu dans les mois de décembre, février, mai et juillet. Avec les données suivantes pour l'année

1869 : 727^{mm},17 et 564^{mm},49 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations; +10°,26 et —0°,88 pour la température moyenne, 0,74 et 0,77 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques 2070^{m},9 pour la différence d'altitude entre les deux stations; le nivellement direct a donné 2070^{m},3.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère enfin les maximas et les minimas absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE 1869

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1868 .	24	7	6	±4,86	−12,47 le 24	+ 6,74 le 10	±3.37	− 6,89 le 10	+ 7,94 le 25
Janv. 1869.	4	27	4	6,04	− 6,95 le 29	+10,55 le 7	2,85	− 5,78 le 31	+ 8,31 le 29
Février. . .	6	22	3	7,67	− 5,59 le 1	+12,43 le 15	4.23	− 6,91 le 27	+ 9,28 le 13
Mars	28	3	4	9,45	−20,57 le 11	+ 5,13 le 5	5.33	−13,28 le 19	+ 7.98 le 17
Avril . . .	8	22	4	5,69	− 9,59 le 17	+10,74 le 12	3,79	− 5,59 le 14	+10,20 le 18
Mai	21	10	9	3,95	− 9.91 le 7	+ 3,42 le 22	3.48	− 5,68 le 5	+10.00 le 21
Juin	14	16	5	3,87	− 5,20 le 14	+ 7,79 le 6	2,73	− 4,65 le 17	+ 7.60 le 14
Juillet . . .	17	14	7	2,92	− 4,32 le 25	+ 6,14 le 10	1,98	− 4,50 le 31	+ 2.57 le 6
Août	7	24	5	2,35	− 5,17 le 10	+ 3,75 le 27	1,89	− 4,46 le 9	+ 4,60 le 2
Septembre.	9	21	5	3,93	− 6,51 le 20	+ 9.85 le 23	3.32	− 6,82 le 9	+ 9,40 le 21
Octobre . .	9	22	4	5,07	− 8,72 le 19	+ 8,61 le 12	2,87	− 4,90 le 18	+ 6,80 le 19
Novembre .	11	19	9	7,00	−13,12 le 23	+12,65 le 13	5,37	−14,10 le 29	+ 9,57 le 25
Année . . .	158	207	65	±5,49	−20,57 le 11 mars	+12,65 le 13 novembre	±3,53	−14,10 le 29 novembre	+10,20 le 18 avril

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1868.	12	19	4	±3,99	− 8,08 le 23	+ 7,92 le 6	±2,64	− 7,35 le 22	+ 4,37 le 25
Janv. 1869.	9	22	2	5,33	− 5,30 le 23	+10,02 le 7	2,11	− 4,79 le 20	+ 3,72 le 1
Février . .	4	24	5	8,39	− 2,44 le 28	+14,86 le 6	3,94	−10,29 le 27	+ 6,93 le 13
Mars. . . .	30	1	2	9,31	−15,65 le 11	+ 0,54 le 19	3,[illegible]5	−11,22 le 19	+ 6,76 le 17
Avril. . . .	9	21	3	6,45	− 9,88 le 17	+12,15 le 12	3,62	− 7,37 le 16	+ 8,36 le 4
Mai	15	16	11	2,36	− 5,38 le 7	+ 4,65 le 13	2,29	− 4,44 le 14	+ 4,51 le 26
Juin	18	12	8	3,79	− 7,19 le 30	+ 7,91 le 7	2,49	− 4,69 le 8	+ 3,60 le 4
Juillet . . .	7	24	5	3,96	− 4,82 le 1	+ 7,66 le 11	1,85	− 4,54 le 31	+ 2,68 le 29
Août. . . .	13	18	7	2,59	− 5,81 le 10	+ 4,20 le 5	2,40	− 4,34 le 9	+ 4,39 le 11
Septembre.	9	21	8	3,48	− 4,70 le 21	+ 6,50 le 24	2,57	− 4,89 le 18	+ 5,62 le 21
Octobre . .	12	19	4	5,23	− 9,71 le 27	+ 8,00 le 12	2,47	− 5,86 le 26	+ 5,47 le 30
Novembre .	16	14	7	5,64	− 9,96 le 22	+ 9,67 le 18	3,86	− 8,16 le 19	+ 6,30 le 11
Année . . .	154	211	66	±5,34	−15,65 le 11 mars	+14,86 le 6 février	±2,87	−11,22 le 11 mars	+ 8,36 le 4 avril

GENÈVE 1869.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1868.	735,48	le 10	713,39	le 24	22,09
Janv. 1869.	739,28	le 7	719,52	le 29	19,76
Février . .	739,85	le 5	720,41	le 1	19,44
Mars . . .	732,04	le 5	702,44	le 10	29,60
Avril . . .	736,14	le 13	714,15	le 17	21,99
Mai	729,96	le 22	714,27	le 7	15,69
Juin. . . .	735,03	le 7	719,51	le 13	15,52
Juillet. . .	734,70	le 11	722,88	le 1	11,82
Août . . .	732 49	le 24	722 37	le 10	10,12
Septembre.	737,94	le 23	715,02	le 20	22,92
Octobre. .	736,06	le 12	716 76	le 19	19,30
Novembre.	738,53	le 18	712,88	le 23	25,65
Année . . .	739,85	le 5 février.	702,44	le 10 mars.	37,41

SAINT-BERNARD 1869.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1868.	570,22	le 6	552,76	le 23	17,46
Janv. 1869.	571,89	le 7	555,15	le 23	16,74
Février . .	576,10	le 5	554,81	le 28	21,29
Mars . . .	561,89	le 19	542,80	le 11	19,09
Avril . . .	574,22	le 12	550,41	le 18	23,81
Mai. . . .	568,96	le 13	557,54	le 7	11,42
Juin. . . .	574,46	le 7	559,99	le 20	14,47
Juillet. . .	576,62	le 10	562,08	le 1	14,54
Août . . .	573,83	le 4	561,47	le 11	12,36
Septembre.	573,25	le 23	557,94	le 21	15,31
Octobre. .	573,39	le 8	553,13	le 27	20,26
Novembre.	573,31	le 18	551,46	le 22	21,85
Année. . .	576,62	le 10 juillet.	542,80	le 11 mars.	33,82

GENÈVE 1869. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1868.	6,17	6,03	6,00	6,06	5,95	5,94	5,95	5,86	5,96	5,96	2,74	10,37
Janvier 1869 . .	4,34	4,36	4,33	4,34	4,34	4,13	4,00	3,92	4,14	4,19	1,72	7,28
Février	5,44	5,46	5,37	5,43	5,41	5,44	5,04	5,03	5,37	5,30	3,16	7,72
Mars	4,11	4,12	4,07	3,98	4,09	4,24	4,10	4,15	4,06	4,05	2,46	6,39
Avril	6,10	6,13	5,94	5,94	6,19	6,35	6,12	6,61	6,37	6,15	3,33	10,05
Mai	9,04	9,21	8,84	8,66	8,90	9,03	8,72	9,19	9,20	8,95	4,87	14,04
Juin	8,25	8,32	8,02	8,62	8,75	8,76	8,35	8,71	8,40	8,42	4,63	13,68
Juillet	12,38	11,80	11,50	11,83	12,63	12,84	11,78	12,62	12,31	12,14	7,35	16,84
Août	9,53	9,62	9,68	10,14	10,27	10,18	9,85	10,14	10,04	9,82	5,37	16,16
Septembre . . .	9,70	9,32	9,50	10,24	10,05	9,92	9,00	9,66	9,73	9,52	4,90	13,49
Octobre.	6,55	6,51	6,45	6,71	6,67	6,54	6,37	6,58	6,87	6,46	2,65	11,36
Novembre . . .	5,18	5,23	5,25	5,27	5,21	5,11	4,71	4,78	4,99	5,05	2,71	8,81
Hiver	5,31	5,28	5,23	5,27	5,23	5,16	5,00	4,94	5,15	5,15	1,72	10,37
Printemps . . .	6,42	6,49	6,29	6,19	6,40	6,54	6,32	6,65	6,54	6,38	2,46	14,04
Été	10,08	9,93	9,75	10,21	10,57	10,61	10,01	10,51	10,27	10,15	4,63	16,84
Automne	7,14	7,01	7,06	7,40	7,30	7,18	6,69	7,00	7,19	7,00	2,65	13,49
Année	7,25	7,19	7,09	7,28	7,39	7,39	7,02	7,29	7,30	7,18	1,72	16,84

GENÈVE 1869. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1868 .	753	716	749	801	821	831	833	843	849	842	826	773	803	370	1000, 8 fois
Janvier 1869	774	743	751	813	841	853	867	887	897	891	862	830	834	400	1000, 17 »
Février. . .	714	683	696	756	806	855	869	873	878	876	865	790	805	360	1000. 28 »
Mars	679	659	666	682	733	791	838	874	892	867	805	727	768	320	1000, 5 »
Avril	523	502	478	529	618	702	790	863	902	868	729	612	676	290	990
Mai	605	592	577	639	713	775	817	852	871	835	746	665	724	270	990
Juin	539	505	484	567	660	752	822	872	878	814	693	611	683	350	1000, 3 »
Juillet . . .	563	499	492	538	652	740	791	848	884	842	719	619	682	230	990
Août	516	492	496	560	645	727	779	840	880	841	699	605	673	320	1000, 1 »
Septembre .	608	552	556	662	740	799	837	890	923	890	791	684	744	240	1000, 2 »
Octobre . .	623	595	612	718	781	831	862	883	891	875	834	735	770	400	1000, 4 »
Novembre .	650	642	676	750	784	804	825	841	849	839	822	721	767	390	1000. 8 »
Hiver. . . .	748	715	733	791	823	846	856	867	875	867	851	798	814	360	1000, 53 fois
Printemps .	603	585	575	617	689	757	815	863	888	857	760	668	723	270	1000, 5 »
Été	539	499	491	555	652	739	797	853	881	832	704	612	679	230	1000, 4 »
Automne . .	627	596	614	710	768	812	842	871	888	868	816	714	760	240	1000. 14 »
Année . . .	629	598	603	667	732	788	827	864	883	857	782	697	744	230	1000, 76 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENÈVE 1869.

Décembre 1868	H = 803 +	55 sin (μ + 240°,2) +	21 sin (2 μ + 228°,8) +	5 sin (3 μ + 155°,1)
Janvier 1869 .	H = 834 +	69 sin (μ + 226,8) +	21 sin (2 μ + 219,1) +	8 sin (3 μ + 147,3)
Février	H = 805 +	98 sin (μ + 227,7) +	29 sin (2 μ + 206,6) +	4 sin (3 μ + 256,6)
Mars	H = 768 +	118 sin (μ + 222,2) +	11 sin (2 μ + 300,1) +	5 sin (3 μ + 0,0)
Avril	H = 676 +	181 sin (μ + 221,3) +	20 sin (2 μ + 304,9) +	12 sin (3 μ + 31,0)
Mai	H = 724 +	144 sin (μ + 230,3) +	10 sin (2 μ + 264,3) +	11 sin (3 μ + 45,0)
Juin	H = 683 +	193 sin (μ + 231,5) +	3 sin (2 μ + 348,7) +	13 sin (3 μ + 71,6)
Juillet	H = 682 +	190 sin (μ + 224,6) +	8 sin (2 μ + 260,2) +	20 sin (3 μ + 53,1)
Août	H = 673 +	189 sin (μ + 227,2) +	23 sin (2 μ + 280,5) +	15 sin (3 μ + 49,7)
Septembre . .	H = 744 +	174 sin (μ + 228,3) +	28 sin (2 μ + 239,7) +	13 sin (3 μ + 85,6)
Octobre . . .	H = 770 +	145 sin (μ + 231,7) +	38 sin (2 μ + 220,5) +	6 sin (3 μ + 198,4)
Novembre . .	H = 767 +	98 sin (μ + 235,6) +	34 sin (2 μ + 240,0) +	8 sin (3 μ + 230,2)
Hiver	H = 814 +	73 sin (μ + 231,0) +	23 sin (2 μ + 216,6) +	5 sin (3 μ + 167,8)
Printemps . .	H = 723 +	155 sin (μ + 224,3) +	14 sin (2 μ + 293,5) +	10 sin (3 μ + 30,7)
Été	H = 679 +	191 sin (μ + 227,5) +	11 sin (2 μ + 282,4) +	16 sin (3 μ + 57,9)
Automne . . .	H = 760 +	139 sin (μ + 231,1) +	33 sin (2 μ + 232,4) +	4 sin (3 μ + 149,4)
Année	H = 744 +	140 sin (μ + 227,9) +	17 sin (2 μ + 244,2) +	6 sin (3 μ + 65,3)

Si l'on compare l'année 1869 avec la moyenne des 20 années 1848-67, on trouve les écarts suivants pour la tension de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes, et pour le nombre des cas de saturation.

ÉCARTS.

	Tension moyenne.	Fraction de saturation.	Cas de saturation.
	mm		
Décembre 1868 .	+1,74	— 69	—34
Janvier 1869 . .	+0,07	— 28	—17
Février	+0,95	— 16	+ 9
Mars	—0,64	+ 7	— 4
Avril	+0,08	— 32	— 4
Mai	+1,11	+ 10	— 5
Juin.	—1,52	— 24	+ 1
Juillet	+1,56	+ 4	— 2
Août	—0,78	— 35	— 1
Septembre. . . .	+0,01	— 35	— 4
Octobre	—1,33	— 67	—17
Novembre. . . .	—0,28	— 69	— 9
Hiver	+0,92	— 38	—42
Printemps	+0,18	— 4	—13
Été	—0,23	— 18	— 2
Automne	—0,54	— 57	—30
Année.	+0,08	— 29	—87

La tension de la vapeur a été notablement plus forte que de coutume en hiver, tandis que la fraction de saturation a été plus faible, ce qui s'explique par la température exceptionnelle chaude de cette saison. En automne, la tension de la vapeur, aussi bien que la fraction de saturation, ont été plus faibles que de coutume, la température ne s'écartant que fort peu de la moyenne. En somme, l'année peut être considérée comme ayant été sèche, la fraction moyenne de saturation est inférieure à celle qui a été observée depuis l'année 1848 ; et le nombre des cas de saturation est moins de la moitié de celui que l'on trouve dans la même série.

Vents observés à Genève, dans l'année 1869.

	Décemb. 1868.	Janvier 1869.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	8	11	19	4	12	10	12	28	10	16	8	8	146
N. . .	17	68	55	117	110	87	110	68	122	72	76	30	932
NNE .	7	52	10	79	38	20	52	99	84	34	74	48	597
NE. .	6	19	10	16	10	11	20	8	13	2	21	10	146
ENE .	0	1	0	1	0	0	1	4	3	1	3	0	14
E. . .	12	13	3	7	2	4	6	2	2	4	3	8	66
ESE .	4	2	0	0	0	0	1	2	1	2	4	1	17
SE. .	9	12	6	6	4	3	3	4	7	4	7	6	71
SSE. .	4	14	6	3	0	4	0	3	1	4	3	6	48
S. . .	39	35	39	31	17	27	12	16	15	59	27	57	374
SSO. .	114	33	45	34	65	68	42	27	43	71	92	91	725
SO. .	68	19	33	37	20	44	25	13	6	31	20	36	352
OSO. .	14	5	4	1	2	5	6	1	3	3	5	7	56
O. . .	19	11	20	7	6	8	8	7	12	6	8	8	120
ONO .	2	1	5	2	0	2	1	4	1	1	1	3	23
NO. .	9	4	8	10	5	5	4	8	3	4	1	5	66
NNO .	7	6	5	11	13	12	5	4	5	4	5	3	80

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1868 .	0,16	S 31°,8 O	70,8	2,9
Janvier 1869. . .	1,49	N 27,0 E	14,9	3,9
Février	0,55	S 60,5 O	25,5	7,5
Mars	2,00	N 2,5 O	44,4	1,4
Avril	1,45	N 21,6 O	29,1	4,4
Mai	0,80	S 90,0 O	20,3	3,6
Juin.	2,03	N 4,8 O	39,8	4,4
Juillet.	2,83	N 6,6 E	40,2	10,0
Août	2,84	N 4,5 E	54,2	3,6
Septembre . . .	0,67	S 41,3 O	21,1	5,9
Octobre	1,16	N 13,3 O	10,6	2,9
Novembre. . . .	0,48	S 24,5 O	37,0	3,0
Année	1,08	N 44,6 O	13,1	4,4

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années montre qu'en somme, dans l'année, la distribution des vents s'écarte peu de la moyenne; dans les mois de mars, juin, juillet et août, les vents du Nord et du Nord-Est ont été plus fréquents que de coutume; dans les mois de décembre 1868, février, septembre et novembre, les vents du Sud et du Sud-Ouest ont soufflé avec une plus grande fréquence. Si l'on compare la fréquence relative des vents du Nord, du Nord-Nord-Est et du Nord-Est avec ceux du Sud, du Sud-Sud-Ouest et du Sud-Ouest, en réduisant les chiffres du tableau précédent se rapportant à 3285 observations, au chiffre proportionnel de 1,000, on trouve :

	1869.	Moyenne.	1869-Moy.		1869.	Moyenne.	1869-Moy.
N.	284	273	+11	S.	114	116	— 2
NNE.	182	216	—34	SSO.	221	194	+27
NE.	44	38	+ 6	SO.	107	125	—18
Pour les 3 directions N à NE			—17	Pour les 3 directions S à SO			+ 7

Ainsi, en moyenne, dans l'année, la fréquence relative des vents du Sud a été un peu plus grande que de coutume. On trouve dans l'année un moins grand nombre de jours de forte bise, et de jours de fort vent du Sud que l'on n'en compte ordinairement; effectivement, d'après le tableau suivant, qui donne leur distribution dans les différents mois, on ne compte dans toute l'année que 35 jours de forte bise, le chiffre moyen étant de 45, et 37 jours de fort vent du Sud, au lieu de 54.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1868 . .	0	9
Janvier 1869. . . .	3	0
Février.	1	2
Mars	7	3
Avril	2	3
Mai	0	6
Juin	4	1
Juillet	3	0
Août	6	1
Septembre	2	5
Octobre	5	3
Novembre	2	4
Année	35	37

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1869 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1868.	119	120	0,99	S 45° O	0,4	27,2
Janv. 1869.	161	91	1,77	N 45 E	25,1	18,6
Février . .	195	54	3,60	N 45 E	56,0	18,3
Mars. . . .	250	108	2,31	N 45 E	50,8	7,9
Avril . . .	163	57	2,86	N 45 E	39,3	30,4
Mai	100	173	0,58	S 45 O	26,2	14,0
Juin. . . .	228	37	6,16	N 45 E	70,7	8,1
Juillet . . .	186	57	3,26	N 45 E	46,3	15,8
Août . . .	213	31	6,87	N 45 E	65,2	18,3
Septembre.	128	139	0,92	S 45 O	4,1	20,7
Octobre. .	265	95	2,79	N 45 E	60,9	1,1
Novembre.	216	51	4,24	N 45 E	61,1	23,3
Année. . .	2224	1013	2,20	N 45 E	36,9	16,9

Au Saint-Bernard la fréquence des vents du Nord n'a pas été plus faible que de coutume ; on peut signaler, en particulier, les mois de février et de novembre, où la prédominance des vents du Sud et du Sud-Ouest était très-

marquée à Genève, tandis que les vents du Nord régnaient au Saint-Bernard.

Pluie ou neige, dans l'année 1869.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.
		mm			mm	
Décemb. 1868.	16	155,3	125	15	182,9	128
Janvier 1869 .	6	36,8	26	5	16,4	20
Février	9	62,4	69	6	69,3	44
Mars	11	44,5	89	12	44,7	69
Avril	5	33,8	27	2	18,0	9
Mai	16	95,9	80	9	266,4	51
Juin.	7	72,1	47	7	71,4	43
Juillet.	8	35,0	18	7	95,5	39
Août	5	31,8	24	10	105,2	48
Septembre. . .	11	65,8	42	9	117,8	51
Octobre	8	35,4	28	3	21,2	21
Novembre. . .	8	61,7	65	10	121,8	103
Hiver	31	254,5	220	26	268,6	192
Printemps. . .	32	174,2	196	23	329,1	129
Été	20	138,9	89	24	272,1	130
Automne . . .	27	162,9	135	22	260,8	175
Année.	110	730,5	640	95	1130,6	626

La quantité de neige tombée à Genève pendant les trois mois de décembre, janvier et février a été insignifiante, le sol était blanchi pendant un petit nombre d'heures, et la hauteur de la couche était trop faible pour pouvoir être mesurée. Au mois de mars les chutes de neige ont été plus fréquentes et plus abondantes ; il en est tombé dans les journées des 1er, 3, 6, 13, 16 et 28, mais elle n'a persisté dans aucun cas plus de 24 heures sur le sol; la hauteur totale de la couche tombée dans ces

six jours est de 207mm. La neige est tombée de très-bonne heure en automne : le 27 octobre, il y a eu une chute de neige qui a recouvert le sol sur une hauteur de 50mm, et qui n'a entièrement disparu dans les endroits exposés au nord que le 31 dans l'après-midi.

La comparaison de l'année 1869 avec la moyenne des 42 années 1826-67 pour Genève, et celle des 27 années 1841-67 pour le Saint-Bernard, donne les différences suivantes pour le nombre de jours de pluie ou de neige et pour la quantité d'eau tombée :

	GENÈVE		ST.-BERNARD	
	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm		mm
Décembre 1868	+ 7	+105,4	+ 7	+109,8
Janvier 1869 . .	— 4	— 12,1	— 6	—112,7
Février	+ 1	+ 24,8	— 3	— 24,3
Mars	+ 1	— 4,0	+ 1	— 52,2
Avril	— 6	— 24,6	— 9	—102,0
Mai	+ 4	+ 14,0	— 2	+146,3
Juin	— 4	— 5,5	— 3	— 30,0
Juillet	— 1	— 32,5	— 2	+ 20,4
Août	— 5	— 49,3	+ 1	+ 19,4
Septembre . . .	0	— 34,9	0	+ 1,8
Octobre	— 3	— 62,5	— 7	—121,1
Novembre	— 2	— 12,1	0	+ 23,3
Hiver	+ 4	+118,1	— 2	— 27,2
Printemps. . . .	— 1	— 14,6	—10	— 7,9
Été	—10	— 87,3	— 4	+ 9,8
Automne	— 5	—109,5	— 7	— 96,0
Année	—12	— 93,3	—23	—121,3

Sauf l'hiver, et en particulier le mois de décembre 1868, qui a donné une quantité exceptionnelle de pluie, l'année a été très-sèche à Genève, soit au point de vue

du nombre des jours de pluie, soit en ayant égard à la quantité d'eau tombée. La période de sécheresse, que nous traversons, remonte au mois de juin 1867, avec une seule interruption pendant l'hiver 1869; le déficit des 6 derniers mois, juin à novembre 1867, a été de 159^{mm},4, celui de l'année 1868 de 141^{mm},0, en sorte qu'à la fin de novembre 1869 le déficit total était de près de 400^{mm}; en outre la sécheresse a persisté pendant l'année 1870.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes principales de sécheresse ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses ou de jours de pluie consécutifs; je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans 24 heures a été faible, au-dessous de un millimètre, ou très-faible, au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures, et le nombre de jours où cette quantité a atteint trois centimètres.

	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm,0.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3cm
Décembre 1868	3 jours	6 jours (19-24)	1	1	mm 26,7 le 30	–
Janvier 1869..	12 » (16-27)	2 »	2	–	23,6 le 29	–
Février	9 » (11-19)	3 »	2	–	25,7 le 2	–
Mars	7 » (21-27)	4 » (28 févr.-3 mars)	2	1	10,6 le 2	–
Avril	10 » (5-14)	3 »	–	–	16,7 le 16	–
Mai	4 »	3 »	3	–	19,8 le 15	–
Juin	7 »	2 »	–	–	42,3 le 14	1
Juillet	10 » (14-23)	2 »	2	2	19,0 le 25	–
Août	15 » (16-30)	2 »	1	–	19,1 le 2	–
Septembre....	9 » (23 sept.-1er oct.)	4 » (19-22)	–	–	25,5 le 11	–
Octobre......	10 » (4-13)	2 »	3	2	18,0 le 17	–
Novembre	9 » (11-19)	2 »	1	–	17,0 le 30	–
Année	15 jours (16-30 août)	6 jours (19-24 décemb.)	17	6	42,3 le 14 juin.	1

Il n'y a pas eu ainsi de longues périodes de sécheresse, le plus long intervalle sans pluie ayant été de 15 jours au mois d'août; mais il n'y a pas eu non plus de longues périodes pluvieuses, le plus grand nombre de jours consécutifs de pluie ayant été de 6 au mois de décembre. Les pluies ont été en général peu abondantes, il ne se trouve qu'un seul cas, au mois de juin, où la quantité d'eau tombée dans 24 heures ait dépassé 3 centimètres.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire, à quelques égards, la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures contenues dans la période, le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu un jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
			mm			mm
Déc. 1868.	0,168	7,81	1,25	0,172	8,53	1,43
Janv. 1869.	0,035	4,33	1,42	0,027	4,00	0,82
Février. . .	0,103	7,64	0,90	0,065	7,33	1,57
Mars. . . .	0,120	8,09	0,50	0,093	5,75	0,65
Avril. . . .	0,038	5,40	1,25	0,012	4,50	2,00
Mai	0,111	5,00	1,20	0,069	5,67	5,22
Juin	0,065	6,71	1,53	0,060	6,14	1,66
Juillet . . .	0,024	2,25	1,94	0,052	5,57	2,45
Août. . . .	0,032	4,80	1,32	0,065	4,80	2,19
Septembre.	0,058	3,82	1,57	0,071	5,67	2,31
Octobre . .	0,038	3,50	1,26	0,028	7,00	1,01
Novembre .	0,090	8,12	0,95	0,143	10,30	1,18
Hiver. . . .	0,102	7,10	1,16	0,089	7,38	1,40
Printemps .	0,089	6,12	0,89	0,058	5,61	2,55
Été	0,040	4,45	1,56	0,059	5,42	2,09
Automne. .	0,062	5,00	1,21	0,080	7,95	1,49
Année . . .	0,073	5,82	1,14	0,071	6,59	1,81

Au Saint-Bernard, l'année 1869 présente également un caractère de sécheresse, en ayant égard soit au nombre de jours, soit à la quantité d'eau tombée ; le déficit est surtout notable en automne, mais il y a eu également déficit en hiver, saison qui a été très-pluvieuse à Genève. Le mois de septembre est le seul où il ne soit pas tombé de la neige, et la quantité tombée en octobre a été insignifiante, la hauteur totale de la neige tombée dans le courant de l'année est notablement plus faible que de coutume.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1869.

	millimètres.
Décembre 1868. . . .	1846
Janvier 1869	127
Février.	610
Mars	658
Avril	140
Mai.	155
Juin	435
Juillet.	320
Août	45
Septembre	0
Octobre.	20
Novembre	937
Année	5293

Le nombre de jours, où l'on a entendu le tonnerre à Genève, dans l'année 1869, s'élève à 21, répartis comme suit ; les détails sur les orages se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1868. . . .	1	0
Janvier 1869.	0	0
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	3	0
Mai	6	1
Juin	4	0
Juillet	2	1
Août.	1	1
Septembre	1	1
Octobre.	2	1
Novembre.	1	0
Année.	21	5

Voici enfin le nombre de jours, où l'on a observé des halos ou des couronnes autour du soleil, ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1868. .	1	0	1	2
Janvier 1869 . . .	0	0	4	6
Février	3	0	0	2
Mars	2	1	0	1
Avril	11	2	1	0
Mai	5	1	0	0
Juin.	1	0	1	1
Juillet.	1	1	0	0
Août	3	0	0	2
Septembre.	0	0	0	0
Octobre	2	0	2	3
Novembre	1	0	2	5
Année.	30	5	11	22

État du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours clairs, peu nuageux, très-nuageux ou couverts, selon que la clarté moyenne déduite des 9 observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50 ; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

En comparant les chiffres du tableau suivant avec la moyenne des années 1847 à 1867, on trouve qu'à Genève l'hiver et le printemps s'écartent très-peu de la moyenne, le ciel a été un peu plus nébuleux que de coutume. En été et en automne le ciel a été, au contraire, plus clair que de coutume, et en somme dans l'année, la nébulosité a été au-dessous de la moyenne. Au Saint-Bernard, on ne trouve dans aucune saison de différence notable avec la moyenne.

On peut enfin noter une proportion très-faible de brouillards à Genève, dans l'année 1869 ; on ne trouve que 6 jours pour lesquels le brouillard a persisté pendant toute la journée, et 11 où il n'a duré qu'une partie de la journée.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours couverts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours couverts.	Clarté moyenne.
Déc. 1868.	0	4	4	23	0,84	4	1	7	19	0,70
Janv. 1869.	3	1	7	20	0,75	16	5	3	7	0,34
Février. . .	4	2	4	18	0,74	8	2	4	14	0,58
Mars	1	5	5	20	0,77	3	1	7	20	0,74
Avril	10	7	7	6	0,43	8	7	4	11	0,51
Mai.	3	2	13	13	0,68	4	2	3	22	0,74
Juin	8	12	5	5	0,45	2	8	8	12	0,64
Juillet . . .	12	10	4	5	0,39	9	9	3	10	0,46
Août	9	10	6	6	0,41	8	5	7	11	0,56
Septembre.	13	4	7	6	0,41	10	3	4	13	0,54
Octobre . .	5	11	7	8	0,53	10	4	6	11	0,49
Novembre .	4	3	6	17	0,69	8	4	3	15	0,60
Hiver. . . .	7	7	15	61	0,778	28	8	14	40	0,534
Printemps .	14	14	25	39	0,628	15	10	14	53	0,665
Été	29	32	15	16	0,414	19	22	18	33	0,551
Automne. .	22	18	20	31	0,544	28	11	13	39	0,543
Année . . .	72	71	75	147	0,590	90	51	59	165	0,575

GENÈVE, 1869.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1868. . .	3	1	4
Janvier 1869	0	6	6
Février.	3	1	4
Mars.	0	0	0
Avril.	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	0	0	0
Octobre	0	2	2
Novembre	0	1	1
Année	6	11	17

SUR LES PUBLICATIONS RÉCENTES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE BRUXELLES

Il a paru, en 1854 et en 1860, dans ce journal, des Notices assez détaillées sur l'observatoire de Bruxelles et sur les travaux scientifiques qui y ont été exécutés. Ces travaux ayant été dès lors poursuivis avec activité, soit par M. Adolphe Quetelet, fondateur et directeur de cet observatoire, soit par son fils, M. Ernest Quetelet, et par les autres astronomes attachés à l'établissement, je vais passer rapidement en revue les diverses publications auxquelles ils ont donné lieu.

L'ouvrage principal, relatif à cet observatoire, a pour titre : *Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles,* et comprend l'ensemble des observations astronomiques, météorologiques et magnétiques qui y sont faites, ainsi que leurs résultats. Pendant quelques années, la météorologie a joué le principal rôle dans ce Recueil, de format in-4°, et M. Quetelet y a, entre autres, inséré successivement les diverses parties d'un ouvrage *sur le climat de la Belgique,* dont une analyse sommaire a été donnée dans les Notices citées plus haut. Les tomes XVI, XVII et XVIII de ces *Annales* ont paru en 1864, 1866 et 1869; ils comprennent les observations astronomiques faites de 1859 à 1864 inclusivement, et les observations météorologiques et magnétiques de 1859 à 1866.

On a commencé, en 1857, dans cet observatoire, la construction d'un grand catalogue d'étoiles, spécialement destiné à une révision générale des mouvements propres de celles où ces mouvements atteignent au moins un dixième de seconde de degré par an. A ce premier groupe, on a joint un certain nombre d'étoiles observées par d'anciens astronomes et qui ne se trouvent pas dans les catalogues les plus récents, afin de vérifier leur position et de reconnaître leur déplacement annuel. On a observé aussi les étoiles près desquelles passe la Lune, et les étoiles multiples. L'ensemble de ces astres s'élève à environ dix mille, et leur observation complète exigera une douzaine d'années de travail.

Chacun des volumes actuels des *Annales* comprend une partie des matériaux de ce grand travail, ainsi que les observations ordinaires du Soleil et de la Lune et les observations occasionnelles.

Les deux instruments principaux de l'observatoire de Bruxelles sont une lunette-méridienne de Gambey, de 6 pouces d'ouverture et de 7 $^1/_2$ pieds de distance focale, et un cercle-mural de Troughton et Simms, de 6 pieds anglais de diamètre, muni de six microscopes micrométriques, et dont la lunette a 3 $^1/_2$ pouces d'ouverture. La lunette-méridienne a à son foyer un réticule de cinq fils verticaux et de deux fils horizontaux. Elle est munie de deux collimateurs horizontaux, placés l'un au nord, l'autre au sud. Les observations avec cet instrument, insérées dans le dernier volume des *Annales*, ont été faites par M. Ernest Quetelet, et les calculs de réduction par M. Mailly, en adoptant, pour la détermination de la marche de la pendule, les observations d'étoiles fondamentales, et l'ascension droite de ces étoiles telle qu'elle

se trouve dans le *Nautical-Almanac.* Les observations au cercle-mural ont été faites par MM. Ernest Quetelet et Hooreman, et les calculs de réduction, qui sont très-considérables, ont été faits par le premier de ces astronomes. Les très-petites erreurs de division du cercle ont fait précédemment l'objet d'une étude soignée, et on en a tenu compte. Les tables de réfraction employées sont celles publiées dans l'*Appendix* des observations de Greenwich pour 1836. Un catalogue des positions moyennes en ascension droite et en déclinaison, au 1er janvier 1864, des 3672 étoiles observées dans le courant de l'année, termine la partie astronomique du volume, et ce catalogue annuel est destiné à faciliter les calculs du catalogue final.

La partie météorologique et magnétique, qui occupe environ le quart du tome XVIII des *Annales*, comprend les observations faites en 1865 et 1866. On sait combien le système d'observations de ce genre, adopté depuis 1833, est complet à l'observatoire de Bruxelles, et il en a été déjà rendu compte dans les deux Notices citées plus haut. Outre les observations diurnes très-multipliées du baromètre, des thermomètres à boule humide et à boule sèche, soit à l'air libre, soit à diverses profondeurs en terre, l'observation des vents, de l'état du ciel, de l'électricité de l'air, de la déclinaison et de l'intensité magnétiques qui y sont rapportées, on trouve, à la fin de chaque année, une série de tableaux qui donnent un résumé mensuel et annuel des résultats obtenus.

L'observatoire de Bruxelles a été lié télégraphiquement, dès 1853, avec celui de Greenwich, de manière à permettre de déterminer exactement, par ce moyen, la différence de longitude entre ces deux observatoires. La

même méthode a été appliquée, en 1858 et en 1868, à la détermination de la différence de longitude entre l'observatoire de Bruxelles et ceux de Berlin et de Leyde.

M. Quetelet continue à publier un *Annuaire* de son observatoire, de format in-18, un peu analogue à celui du Bureau des longitudes français. Il renferme d'utiles données astronomiques, physiques, météorologiques et statistiques, ainsi que des Notices qui se rapportent à ces mêmes branches. M. Mailly y a fait paraître aussi d'intéressants rapports, mentionnés à plusieurs reprises dans nos *Archives*, sur les Sociétés savantes et les établissements scientifiques en diverses parties de l'Europe et aux États-Unis d'Amérique. L'annuaire pour l'année actuelle est le 37me de la collection.

On sait l'intérêt qu'a mis, depuis longtemps, M. Quetelet à l'étude des météores lumineux, dits *étoiles filantes*. C'est lui qui a reconnu le premier l'apparition régulière, du 10 au 12 août de chaque année, d'un essaim considérable de météores de ce genre. Ses recherches assidues sur ce sujet ont été un acheminement aux découvertes plus récentes, et, entre autres, au travail important de M. Schiaparelli, astronome à Milan, qui a constaté l'identité de la trajectoire des météores périodiques du commencement d'août, avec l'orbite de la deuxième Comète de 1862.

M. Quetelet étant, depuis un grand nombre d'années, secrétaire de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, établie à Bruxelles, a publié de nombreux mémoires dans le Recueil in-4° de ceux de cette Académie, et une grande quantité d'annonces et de Notices concernant l'astronomie, la physique et la météorologie, dans les *Bulletins* de ses séances,

dont il paraît, depuis 1831, un ou deux volumes par an, de format in-8°. On trouve entre autres, dans ces Bulletins, beaucoup de rapports relatifs aux observations d'étoiles filantes faites à Bruxelles et ailleurs. Ceux des dernières années en renferment plusieurs sur le retour de l'essaim de ces météores qui a lieu périodiquement pendant quelques années de suite, vers le milieu de novembre, tous les 33 ou 34 ans, et qui a été très-considérable de 1866 à 1869, soit en Europe, soit aux États-Unis d'Amérique.

M. Quetelet s'est adonné aussi, depuis 1839, à l'observation de phénomènes périodiques d'un tout autre genre : je veux parler de ceux relatifs aux époques de l'apparition annuelle des feuilles, des fleurs et des fruits, de la chute des feuilles, etc. Ce sujet de recherches avait été déjà abordé par le célèbre naturaliste Linné, et notre compatriote Senebier s'en est occupé aussi, de même que de l'époque du chant et des migrations des oiseaux, dans son *Manuel de météorologie pratique,* dont la deuxième édition a paru à Genève en 1810. M. Quetelet a engagé divers savants, soit en Belgique, soit ailleurs, à se livrer à ce genre d'observations. Il a trouvé, même en Russie, un collaborateur fort distingué, en M. Charles Linsser, l'un des astronomes de l'observatoire de Poulkowa, qui a publié en allemand, d'après ses propres observations, deux mémoires sur ce sujet dans le Recueil de ceux de l'Académie de Pétersbourg, et que la mort a dès lors enlevé encore jeune à la science.

M. Quetelet publie lui-même successivement, dans le recueil in-4° de l'Académie royale de Belgique, des mémoires sur ce genre de phénomènes périodiques dans le règne végétal et le règne animal, d'après les observa-

tions faites principalement dans le jardin de son observatoire et en quelques autres localités belges, en y joignant des résumés des observations météorologiques faites en ces diverses stations. Le dernier de ces mémoires, publié dans le tome XXXVIII de ceux de l'Académie, comprend les observations faites en 1867 et 1868.

Des officiers de marine de diverses nations s'étaient réunis à Bruxelles, en août et septembre 1853, sur la demande du gouvernement des Etats-Unis d'Amérique, et sur l'invitation du commandant Maury, qui était alors directeur de l'observatoire de Washington, en vue d'unir leurs efforts pour établir un système uniforme d'observations météorologiques. Il fut alors convenu que les officiers de chaque nation recommanderaient, dans leurs instructions, l'observation régulière, à l'heure de midi, de quatre thermomètres exposés en plein air et au Soleil : savoir le thermomètre centigrade ordinaire, puis ceux à boule blanche, à boule noire et à boule bleue (couleur de la mer).

Les observations ont été faites à l'observatoire de Bruxelles pendant dix ans, de 1854 à 1863, et M. Quetelet en a communiqué les résultats mensuels et annuels à l'Académie de Belgique, dans sa séance du 6 avril 1867, en y joignant les indications données, à la même heure, par le thermomètre situé au nord et à l'ombre, et par celui à boule libre, exposé au Soleil sur la tourelle orientale de l'observatoire.

Je rapporterai seulement ici les moyennes générales des dix années.

Températures moyennes à midi, en degrés centigrades.

Thermomètre au Nord et à l'ombre		12°,22
»	libre au Nord et au Soleil (tourelle orientale).	13°,31
»	libre au Sud (boule ordinaire)	16°,04
»	libre au Sud (boule blanche)	15°,01
»	libre au Sud (boule bleue)	16°,43
»	libre au Sud (boule noire)	16°,52

Outre son ouvrage in-4° sur le climat de la Belgique, M. Quetelet a publié, en 1861, un volume in-4° sur la *Physique du globe,* et, en 1867, un volume in-8° ayant pour titre : *Météorologie de la Belgique comparée à celle du globe.*

Il fait paraître maintenant chaque mois, par feuilles détachées, les nombreuses observations météorologiques régulières qui se font dans son observatoire, ce qui permet de les comparer promptement avec celles qui se publient ailleurs, et entre autres, avec celles de Genève, du grand Saint-Bernard et de Rome, d'après nos *Archives* et les Bulletins météorologiques du Père Secchi. J'ai été curieux de faire cette comparaison, pour les températures les plus élevées et les quantités de pluie des trois mois de mai, juin et juillet 1870, qui ont été si chauds et si secs à Genève.

Depuis le 11 mai, d'après les tableaux publiés par M. le professeur Plantamour, la température a été, à Genève, notablement supérieure à sa valeur normale, et l'écart, pour la moyenne diurne, s'est élevé à 8°,9 le 21 mai. Juin et juillet, à l'exception d'un petit nombre de jours, ont présenté le même caractère, et en juillet l'écart d'avec la température normale du jour a été quatre

fois de près de 8° ½. Il en a été à peu près de même au Saint-Bernard. Les *Maxima* mensuels absolus ont été :

	A Genève.	Au Grand St-Bernard.
en mai.......	30°,1	16°,2
en juin......	32°,1	18°,0
en juillet.....	36°,4	18°,2

Il n'y avait pas de thermomètre à index au Saint-Bernard.

La température ne s'est pas autant élevée, comparativement, à Rome qu'à Genève, les *maxima* y ont été de 29°,7 le 23 mai, de 30°,6 le 22 juin, et de 34°,1 le 11 juillet ; mais le thermomètre à boule noire, exposé au Soleil, est monté à 39° les 19 et 20 juin, et à 44° le 11 juillet.

A Bruxelles, les *maxima* de température ont été de 26°,4 le 21 mai, de 29°,4 le 17 juin, et de 32°,2 le 26 juillet.

L'eau de pluie en millimètres a été :

	A Genève.	Au St-Bernard.	A Rome.	A Bruxelles.
	mm	mm	mm	mm
en mai.....	21,1	34,0	24,2	38,0
en juin.....	14,3	30,5	66,9	29,9
en juillet...	61,9	151,9	36,2	62,20

M. Quetelet s'est encore fort occupé, depuis 1827, de diverses recherches de *Statistique* [1] ; il a cherché à exercer une impulsion favorable pour ce genre de travaux, en coopérant activement à l'institution de congrés internatio-

[1] Le premier ouvrage de ce genre, publié en 1827 par M. Quetelet, a pour titre : *Recherches sur la population, les naissances, etc., dans le royaume des Pays-Bas.*

naux relatifs à cette science, qui ont eu lieu successivement, depuis 1853, à Bruxelles, à Paris, à Vienne, à Londres, à Berlin, à Florence et à La Haye, et dans la plupart desquels il a joué un rôle important. Il a proposé, dans celui qui a eu lieu à Londres en 1860, de créer une *Statistique générale* pour tout le monde civilisé, et, sur l'invitation qui lui fut faite alors de fournir lui-même un premier modèle de ce genre, il a publié, en 1865, de concert avec M. Heuschling, un fort volume in-4° sur la population des divers États de l'Europe et des États-Unis d'Amérique, avec la collaboration des statisticiens officiels de ces États. C'est M. Quetelet qui a présidé le congrès de statistique tenu à Florence en 1867. Dans le dernier, qui a eu lieu à La Haye en septembre 1869, M. Engel, statisticien prussien, a fait adopter un plan général d'exécution, pour l'Europe, du projet esquissé à Londres par M. Quetelet, plan dont on trouvera les détails dans l'*Annuaire de l'observatoire de Bruxelles* pour 1870.

L'un des travaux les plus importants et les plus récents de M. Quetelet, sur ce genre de recherches, est le *Traité de physique sociale* en deux volumes in-8°, qu'il a publié à Bruxelles en 1868 et 1869, en le présentant comme un essai sur le développement des facultés de l'homme. La première édition de cet ouvrage avait paru en 1835. La seconde est fort augmentée, et son 1er volume, dont la publication a un peu précédé celle du 2me, a fait l'objet d'une courte analyse, rédigée par notre compatriote M. le Dr Lombard, qui a paru dans le Bulletin littéraire du cahier d'avril 1870 de la *Bibliothèque Universelle.* Je dirai ici quelques mots sur le second volume, qui a près de 500 pages.

Ce volume comprend les livres 3, 4 et 5 de l'ouvrage. Le livre 3 a pour objet le développement des qualités physiques de l'homme. L'auteur y considère successivement, à divers âges et en divers pays, la taille de l'homme, sa croissance, son poids, sa force, son agilité, les pulsations de son pouls, etc.

Le livre 4, qui occupe plus de 200 pages, renferme une étude sur l'*homme moyen*, sous le rapport des qualités intellectuelles et morales. M. Quetelet y reconnaît d'abord que le libre arbitre de l'homme isolé ne peut être apprécié dans le mouvement social, mais qu'il s'efface et demeure sans effet sensible quand les observations s'étendent sur un grand nombre d'individus. « L'Être Suprême, dit-il, n'a pas voulu que l'homme pût porter atteinte à ses lois éternelles, et il a prudemment imposé des limites à nos facultés morales, comme il en a mis à nos facultés physiques. Or, par l'étude des effets, on peut remonter à la connaissance des causes, et il y a des cas où, en considérant l'ensemble d'une population, les qualités intellectuelles et morales de l'homme peuvent devenir numériquement appréciables. »

L'auteur envisage successivement, d'après des documents recueillis chez diverses nations, les facultés intellectuelles des populations suivant les professions; il examine les cas d'aliénation mentale, de suicides et de duels; il s'occupe ensuite des crimes en général, puis de l'influence sur le penchant au crime, de l'éducation, des professions diverses, du climat, des saisons, du sexe et de l'âge. Je citerai, sur ce dernier point, le passage suivant: (tome II, p. 366) comme un exemple des résultats curieux que M. Quetelet déduit de son étude.

« La loi du développement du penchant au crime est à

peu près la même pour la France, la Belgique, le grand-duché de Bade et l'Angleterre, pays pour lesquels ces observations sont bien connues aujourd'hui...... Ce penchant croît très-rapidement vers l'âge adulte; il atteint un *maximum* et décroît ensuite, mais avec lenteur, jusqu'aux dernières limites de la vie.

« En France, pour les crimes en général, le *maximum* se présente vers 24 ans; en Belgique, cette époque critique arrive un peu plus tard; en Angleterre et dans le grand-duché de Bade, au contraire, elle s'observe plus tôt. Il existe aussi une différence pour les sexes : en France, le *maximum* arrive environ une année plus tôt pour les hommes que pour les femmes, et il est quatre fois plus grand.

« On observe aussi une différence pour la nature des crimes; ainsi, pour les crimes contre les propriétés, le *maximum* devance d'environ deux ans celui du penchant au crime contre les personnes, et il est deux à trois fois plus prononcé. Si l'on considère en particulier les principaux crimes, ils se présentent, pour la précocité, dans l'ordre suivant : le vol, le viol, les coups et blessures, les meurtres, les assassinats, les empoisonnements et les faux de toute espèce.

« Le suicide est également soumis à une loi qui diffère de celle de la criminalité. Le penchant au suicide, déjà développé dès l'enfance, croît sensiblement vers l'âge adulte et va continuellemént en augmentant jusqu'à la vieillesse la plus reculée..... Non-seulement les suicides sont, chaque année, à peu près en même nombre, mais, en les séparant par groupes, d'après les instruments servant à leur exécution, on trouve encore la même constance. Cette distribution, constante pour chaque pays,

diffère cependant sensiblement en passant d'un pays à un autre. »

M. Quetelet expose, dans le 5me et dernier livre de sa *Physique sociale*, la grande utilité qu'il trouve à une exacte détermination, à diverses époques et chez différents peuples, de ce qu'il appelle *l'homme moyen*, c'est-à-dire le modèle ou le type qui peut le mieux caractériser l'homme envisagé dans sa généralité, sous le rapport physique, intellectuel et moral. Il ne considère les résultats de ce genre qu'il a obtenus, que comme un premier essai d'un travail immense, qui, pour être complété, exigera de longues et pénibles recherches, et qui ne peut acquérir d'utilité réelle que par une extrême exactitude.

Je ne puis retracer ici les développements intéressants que l'auteur présente à l'appui de ses idées. Il regarde comme une des études les plus curieuses qu'on puisse se proposer, relativement à l'homme, le développement progressif de ses différentes qualités intellectuelles. Il cite Raphaël, Mozart, Pascal, Newton et Lagrange comme exemples de précocité de génie. Il rappelle que Jean-Jaques Rousseau, en arrivant à Paris, n'y apportait que des poésies et des combinaisons mathématiques qu'il cherchait à introduire dans l'art musical, et que notre autre compatriote, le célèbre botaniste Augustin-Pyrame de Candolle, s'occupa de poésies dans sa jeunesse, avant que son talent d'observateur se fût complétement révélé à lui.... « La mémoire, dit-il, est peut-être la faculté qui se manifeste dès l'enfance avec le plus d'intensité : mais les premiers souvenirs ne remontent guère plus haut que l'âge de 3 ou 4 ans. La mémoire des noms semble nous quitter la première, et beaucoup de personnes commencent déjà, vers l'âge de 45 ans, à en faire la triste expérience. »

Après avoir considéré successivement, dans le 5me livre, l'homme moyen sous le rapport des lettres et des beaux-arts, des sciences naturelles et médicales, de la philosophie, de la morale et de la politique, M. Quetelet examine les progrès ultérieurs désirables de nos connaissances sur les lois du développement de l'homme. Il insiste sur la nécessité de présenter les documents statistiques avec tous les moyens d'en vérifier l'exactitude, d'en déduire les moyennes, les valeurs limites et les erreurs probables. Il ne suffit pas, dit-il, de connaître les causes d'un fait, il faut pouvoir mesurer leurs influences respectives, et il en fait l'application à divers éléments du système social. Enfin, dans un dernier chapitre, il présente un résumé général du sujet traité dans son ouvrage, et il en annonce un nouveau sur l'*Anthropologie,* qui contiendra spécialement des documents, réunis par lui depuis longtemps, sur la taille des hommes et leur développement sous le rapport des sciences et des beaux-arts. Le volume est terminé par 27 pages de notes en petits caractères, dans lesquelles l'auteur a rapporté divers témoignages intéressants, rendus par des savants ou hommes d'Etat célèbres, tels que Laplace, Fourier, Poisson, Horace Say, Villermé, Malthus, Sir John Herschel, Bravais, le prince Albert et un roi de Prusse, sur l'importance des recherches du genre de celles qui sont traitées dans son ouvrage.

Je ne puis énumérer ici, à beaucoup près, toutes les publications dues à M. Quetelet. Mais je ferai cependant encore mention de deux forts volumes in-8°, qui ont paru en 1864 et 1866, ayant pour titre : *Histoire des sciences mathématiques et physiques chez les Belges,* et dont le second volume étend cette histoire jusqu'au commencement du XIXme siècle. Une analyse sommaire du premier

de ces volumes a été insérée dans le numéro de décembre 1865 de nos *Archives*.

On peut, je crois, se faire l'idée, par ce qui précède, de l'étonnante activité laborieuse et persévérante que M. Adolphe Quetelet a déployée dans les diverses branches qu'il a embrassées, et son fils Ernest marche très-honorablement sur ses traces, en ce qui concerne les recherches astronomiques et météorologiques[1]. Outre les nombreux services que M. Quetelet le père a ainsi rendus à la science, il a encouragé les travaux particuliers de ses

[1] Je ne dois pas omettre de dire ici quelques mots sur un intéressant mémoire de M. Ernest Quetelet, publié en 1867 dans le tome XXXVI de ceux de l'Académie royale (où il occupe une centaine de pages in-4°) : *Sur la température de l'air à Bruxelles*, déduite des trente années d'observations comprises entre 1833 et 1862. Ce mémoire est divisé en trois sections, qui traitent : 1° de la variation diurne de la température, 2° de sa variation annuelle et de ses valeurs moyennes et extrêmes, 3° de ses variations secondaires, périodiques ou anomales, et il est terminé par un grand nombre de tableaux numériques. Je me bornerai à citer ici quelques-uns de ses résultats généraux.

Bruxelles, située à une vingtaine de lieues de la mer du Nord, à la latitude de 50°51', à la longitude en temps de $17^{m}29^{s}$ à l'Est de Greenwich, ou de $8^{m}8^{s}$ à l'Est de Paris, et à l'altitude en mètres de $55^{m},4$, a une température moyenne de 9°,85 centigrades, dont la valeur n'a varié en totalité, pendant ces trente ans, que de 3°,29. L'amplitude moyenne de la variation diurne a été de 7°,37 ; de 7°,6 dans la première décade d'années, de 7°,39 dans la seconde et seulement de 7°,7 dans la troisième. Le *minimum* absolu a été de —18°,8 et le *maximum* de 34°,7. Le jour le plus froid a été en moyenne le 10 janvier et le plus chaud le 15 juillet. De 1833 à 1862, le mois de janvier s'est un peu échauffé et février s'est refroidi. Le nombre des jours froids dans chaque lunaison, a atteint en moyenne un *maximum* du septième au dixième jour de la lunaison et du vingt-troisième au vingt-cinquième, c'est-à-dire à l'époque de la plus grande hauteur de la Lune et un peu après celle de la plus petite hauteur; mais ces résultats ont besoin d'être contrôlés au moyen de séries d'observations plus étendues.

adjoints, ceux de ses compatriotes et de savants étrangers, et il a entretenu de nombreuses correspondances scientifiques. Aussi est-il généralement connu et estimé, et il est membre d'un très-grand nombre de sociétés savantes d'Europe. Il a dignement servi un pays qui a des droits particuliers à notre intérêt, par l'analogie de sa neutralité avec celle de la Suisse.

Je m'estime heureux d'avoir pu rendre encore ici un faible hommage aux travaux et au caractère de cet ancien et savant ami.

Alfred GAUTIER.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

C.-B. GREISS. UEBER WÆRMELEITUNG, etc. SUR LA CONDUCTIBILITÉ CALORIFIQUE DES CORPS ORGANIQUES. (*Pogg. Annalen*, tome CXXXIX, p. 174.)

MM. de la Rive et de Candolle ont établi que les bois conduisent mieux la chaleur dans la direction de leurs fibres que dans une direction perpendiculaire. Plus tard, M. Knoblauch a vérifié leurs expériences, et a cru pouvoir avancer que la différence entre les conductibilités longitudinale et transversale est d'autant plus grande que l'espèce de bois sur laquelle on opère présente une plus faible densité. L'auteur du présent Mémoire a étendu ces observations à un grand nombre de substances organiques, et s'est principalement appliqué à étudier la forme qu'affecte dans ces différents corps la surface isotherme.

En ce qui concerne les bois, il reconnut que, sur les sections perpendiculaires aux fibres, la ligne isotherme est toujours sans exception un cercle, tandis que, sur les sections longitudinales, elle est une ellipse ayant son grand axe parallèle aux fibres. Pour les différents bois, la conductibilité est donc la même dans toutes les directions perpendiculaires aux fibres, et la surface isotherme est un ellipsoïde de révolution, dont l'axe est parallèle aux fibres. La loi énoncée par M. Knoblauch n'a point trouvé sa vérification dans les expériences de M. Greiss; ce dernier a observé, par exemple, que la surface isotherme est plus allongée dans le bois de noyer que dans le bois de sapin.

L'auteur a opéré, en outre, sur un grand nombre d'autres substances organiques, telles que les écorces, les feuilles, les racines, les fruits et les graines de différentes plantes, ainsi

que la peau, les viscères, la corne, les os, ou les coquilles de certains animaux, en étudiant la conductibilité calorifique dans différentes directions par la méthode de Sénarmont. Chaque expérience était répétée pour plus d'exactitude cinq ou six fois. Parmi les corps étudiés de la sorte, tous ceux qui ne présentaient que deux dimensions, telles que les feuilles ou les peaux, fournirent une courbe isotherme en forme d'ellipse plus ou moins allongée. Ceux dont on put obtenir différentes sections parallèles et perpendiculaires aux fibres donnèrent comme courbe isotherme sur les sections longitudinales et sans exception, une ellipse, sur les sections transversales, et, sauf un très-petit nombre d'exceptions, des cercles. Les ellipses les plus allongées furent fournies par les sections longitudinales de la pomme de terre. Nous avons vu que les sections longitudinales donnent toujours, comme lignes isothermes, des ellipses ayant leur grand axe parallèle aux fibres ; le seul cas d'exception à cette règle que cite M. Greiss est le gland de chêne, qui donne une ellipse dont le grand axe est perpendiculaire aux fibres.

De ce travail il résulte donc ce qui suit : 1° chez tous les corps organiques, la conductibilité calorifique varie avec la direction ; 2° la surface isotherme chez les corps organiques est presque toujours un ellipsoïde de révolution allongé, dont l'axe principal est parallèle aux fibres, rarement un ellipsoïde à trois axes différents. E. S.

E. HAGENBACH. UEBER DIE SCHMELZUNG, etc. DE LA FUSION DE PROJECTILES EN PLOMB QUI VIENNENT A FRAPPER UNE PLAQUE DE FER. (*Poggend. Annal.*, tome CXL, p. 486 ; traduction.)

Au début de cette année, l'on fit à Bâle une série d'essais ayant pour but le remplacement des anciennes cibles en bois, pour les exercices de tir de l'infanterie, par des cibles en fer. L'on tira, dans cette occasion, sur de fortes plaques de tôle à la petite distance de 100 pas. Les balles coniques, en frappant

la tôle, produisaient à sa surface une déformation à peine appréciable, et tombaient ensuite tout près de la cible. En même temps, une portion très-notable de la balle se détachait par fusion du reste de la masse. L'on avait une preuve de ce dernier point dans le double fait que la balle avait laissé derrière elle, sur la tôle, une quantité de gouttelettes de plomb, rayonnant tout autour du point où elle avait frappé, et que le fragment de balle trouvé auprès de la cible ne pesait plus que 13 grammes, au lieu de 40 grammes, qui constituaient le poids total du projectile. Ce fragment présentait une déformation assez singulière, même un renversement complet. Le cône creux de la balle, avec sa pointe tournée vers la cible, était changé par le choc en un cône plein et aplati, dont la base coïncidait avec la surface de la tôle. Ce fait a un certain intérêt pour la théorie mécanique de la chaleur, car il constitue un exemple très-net de la transformation de la force vive du mouvement de translation d'un corps en travail moléculaire. Nous allons voir dans quelle mesure la théorie est capable de fournir une explication satisfaisante de l'expérience que nous venons d'exposer.

Au dire d'un militaire compétent, l'on peut admettre que la vitesse du projectile, dans ces conditions-là, était de 320 mètres; la force vive du mouvement de translation du corps $\frac{m v^2}{2}$ était donc égale à 209 kilogrammètres[1]; ce qui, en prenant 424 kilogrammètres pour l'équivalent mécanique de la chaleur, donne 0,49 calories. — Cherchons maintenant, d'autre part, quelle est la quantité de chaleur nécessaire pour produire la fusion partielle de la balle. Il a fallu avant tout que le poids total, savoir 40 grammes, fût élevé de la température initiale à une température égale au point de fusion du plomb (ou tout au moins très-voisine), et après cela il restait à fondre les 27 grammes qui se sont détachés de la

[1] Nous négligeons ici la force vive du mouvement de rotation de la balle, laquelle est proportionnellement très-faible.

balle. Si nous prenons 100 degrés pour la température initiale du projectile, laquelle a dû être élevée à peu près à ce point par la combustion de la poudre et le frottement contre les parois du canon, 335 degrés pour le point de fusion du plomb, 0,031 pour sa chaleur spécifique, et 5,37 pour sa chaleur latente de fusion, nous obtenons :

Pour le réchauffement.......	0,29	calories
Pour la fusion..............	0,15	»
Ensemble....................	0,44	»

De ce calcul il suit :

1° Que la théorie mécanique de la chaleur fournit une explication satisfaisante du fait dont il est ici question ;

2° Que la force vive du mouvement de translation du corps a été presque tout entière transformée en chaleur ; résultat qui était, il est vrai, facile à prévoir, puisque la tôle n'était presque pas déformée et que le projectile n'était renvoyé en arrière qu'avec une très-faible vitesse ;

3° Que la plus grande portion de la chaleur a été employée à l'échauffement et à la fusion du plomb ; cela aussi est facile à concevoir, parce que, grâce à la brièveté de l'expérience, il ne pouvait y avoir qu'une perte de chaleur excessivement faible par conductibilité ou par rayonnement.

A. KUNDT. EIN VERSUCH UEBER DAS GEMEINSCHAFTLICHE SIEDEN, etc. UNE EXPÉRIENCE SUR L'ÉBULLITION SIMULTANÉE DE DEUX LIQUIDES QUI NE SONT PAS SUSCEPTIBLES DE SE MÉLANGER. (*Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 489.)

Magnus et M. Régnault ont reconnu que deux liquides différents renfermés dans un même vase sans pouvoir se mélanger intimement bouillissent ensemble à une température inférieure au point d'ébullition de celui d'entre eux qui est le

[1] *Poggend. Annalen*, tome LXI, p. 250.

plus volatil. Cela tient à ce que, conformément à la loi de Dalton, la tension de leurs vapeurs mélangés à cette température et à l'état de saturation est égale à la somme des tensions maxima que possèdent ces deux liquides pris chacun séparément à cette température. L'expérience à l'aide de laquelle on établit ce fait est assez délicate. Ainsi il peut se faire que, contrairement à la loi, la température de l'ensemble des deux liquides soit supérieure au point d'ébullition du plus volatil d'entre eux, dans le cas où ce dernier se trouve recouvert par l'autre. De plus, il est difficile, selon la manière dont on s'y prend, d'obtenir dans la masse liquide et dans les vapeurs qui s'en échappent, une température bien égale.

Pour obvier à ces difficultés, et obtenir un résultat bien constant, l'auteur propose l'emploi d'un procédé déjà utilisé par Magnus, dans ses recherches sur la force nécessaire pour la production des vapeurs [1], et qui consiste à échauffer l'un des deux liquides par un courant de vapeur de l'autre liquide. En faisant, par exemple, dégager de la vapeur d'eau dans un vase plein de sulfure de carbone, M. Kundt produisit l'ébullition du mélange et obtint dans la masse liquide, aussi bien que dans les vapeurs qui en provenaient, une température parfaitement égale et constante, laquelle se maintint jusqu'à ce qu'il n'y eût plus du tout de sulfure de carbone dans le vase. Le point d'ébullition de ce corps étant 46°,6, celui du mélange se trouva être seulement de 42°,6. Il obtint exactement le même résultat en chauffant l'eau avec des vapeurs de sulfure de carbone.

A côté de cette méthode générale qu'il a appliquée à beaucoup d'autres cas, M. Kundt insiste plus particulièrement sur une expérience qui met très-brillamment en évidence la loi découverte par Magnus, et qui à cause de cela est très-appropriée à une démonstration dans un cours. Elle consiste simplement à verser les deux liquides l'un dans l'autre après les avoir amenés chacun séparément à une température telle que celle qui en résultera pour le mé-

lange soit un peu inférieure au point d'ébullition du plus volatil d'entre eux, mais suffisante pour le faire bouillir. A cet effet on aura, par exemple, dans un grand vase, de l'eau à 46°,6 environ, on plongera dans cette eau un verre plein de sulfure de carbone, qui s'échauffera par cette immersion; puis, quand il sera arrivé à 45° environ, on le versera dans l'eau. Il se produira alors une forte ébullition qui durera un certain temps. Quand elle aura cessé, on pourra la renouveler en remuant la masse liquide avec une baguette de verre, de manière à amener en contact des portions non encore refroidies des deux liquides. Jusqu'à 43° l'on aura une véritable ébullition; au-dessous il ne se formera plus que de petites bulles isolées. E. S.

F. Rüdorff. Ueber die Bestimmung, etc. Sur la détermination des points de fusion et de solidification des graisses et d'autres combinaisons. (*Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 420.)

Il résultait d'un travail de M. Wimmel, dont nous avons rendu compte en son temps [1], que le point de fusion et le point de solidification d'un certain nombre de corps, et particulièrement des graisses, ne coïncident pas exactement; M. Rüdorff s'élève contre cette manière de voir et pense qu'elle provient d'un procédé d'expérimentation défectueux, qui fait prendre pour le point de fusion une température à laquelle le corps atteint un degré de viscosité plus ou moins avancé. Il n'est pas exact, par exemple, de prendre comme point de fusion d'une graisse la température à laquelle elle devient susceptible de se mouvoir dans un tube capillaire, ni la température à laquelle elle acquière une certaine transparence. Le seul procédé infaillible consiste à noter la température à laquelle un thermomètre plongé dans le corps demeure immobile, tandis que l'on continue à lui commu-

[1] Voyez *Archives*, 1868, tome XXXII, p. 145.

niquer ou à lui enlever de la chaleur. Or, en ce qui concerne les graisses, l'on rencontre dans l'application de ce procédé certaines difficultés qui proviennent soit de leur mauvaise conductibilité pour la chaleur, soit de leur viscosité, soit de ce qu'un certain nombre d'entre elles présentent à un haut degré le phénomène de la surfusion.

En effet, il existe un certain nombre de graisses, comme, par exemple la cire d'abeille, qui commencent à se solidifier à une température bien déterminée, laquelle se maintient dans toute la masse jusqu'à ce qu'elle soit entièrement prise. Pour celles-là l'on arrive facilement à déterminer leur point de solidification.

Il n'en est pas de même de celles qui présentent le phénomène de la surfusion, et qui, par suite de leur viscosité, peuvent être maintenues à l'état liquide fort au-dessous de leur point de solidification, même lorsqu'elles ont été déjà précédemment en partie solidifiées. L'on ne peut point, en effet, prendre pour le point de solidification la température à laquelle une hausse subite ramène le thermomètre au moment où la solidification se produit brusquement dans toute la masse ; car cette température n'est point toujours la même. Il faut, dans ce cas, faire un assez grand nombre d'expériences, et parmi toutes ces mesures prendre comme point de solidification la température la plus élevée à laquelle une graisse est susceptible de revenir après la surfusion, c'est-à-dire la température la plus élevée à laquelle la solidification peut se produire.

L'auteur a appliqué ce procédé à un certain nombre de déterminations et en a obtenu de bons résultats. De plus, en plongeant un thermomètre dans une graisse dont on élevait lentement la température, et en évaluant exactement le point auquel il se produit un temps d'arrêt dans sa marche ascendante par l'absorption de chaleur latente, il a reconnu que le point de fusion est très-sensiblement le même que le point de solidification, et il propose alors d'exécuter la mesure

du second par la méthode ci-dessus indiquée, de préférence à celle du premier, qui offre un beaucoup plus grand nombre de causes d'incertitudes et d'erreurs. E. S.

R. Koenig. Sur les notes fixes caractéristiques des diverses voyelles. (*Compte rendu* du 25 avril 1870, p. 931.)

La note caractéristique d'une voyelle est la note suivant laquelle la masse d'air renfermée dans la cavité buccale est susceptible de vibrer, lorsque la bouche est disposée pour cette voyelle. Lorsqu'elle sera donnée par un instrument quelconque devant la bouche, dans ces conditions-là, cette note devra en être renforcée. Pour chaque voyelle, quelle que soit la note fondamentale, sur laquelle on la prononce, il existe une note de plus forte résonnance, et une seule, laquelle est parfaitement fixe. Pour déterminer la note correspondante aux différentes voyelles, M. Helmholtz faisait vibrer une série de diapasons devant la bouche ouverte, pour l'émission d'une de ces voyelles, jusqu'à ce qu'il s'en trouvât un dont le son était renforcé par le voisinage de la bouche ainsi disposée et qui donnait alors exactement la note cherchée. Il a établi de la sorte, avec une grande précision, que les notes caractéristiques de l'A, de l'O et de l'E sont le $(si\flat)_4$, le $(si\flat)_3$ et le $(si\flat)_5$. N'ayant pas de diapason assez aigu pour chercher la note correspondante à l'I, il avait cru pouvoir la déterminer par un autre procédé, lequel était loin de présenter la même exactitude, et il s'était arrêté au $ré_6$ comme note caractéristique de cette voyelle. M. Kœnig, ayant construit un diapason assez aigu pour appliquer, au cas de cette voyelle, le procédé employé par M. Helmholtz, pour les autres, trouva pour cette note, non point le $ré_6$, mais le $(si\flat)_6$. Il reprit également les recherches de M. Donders, concernant la note caractéristique de la voyelle allemande OU, et il établit, avec une grande exactitude, en employant pour cela un diapason à curseur, que la note correspondante à cette dernière voyelle n'est point le fa_3, comme

l'avait cru M. Donders, ni même le fa_2 donné par M. Helmholtz, mais le $(si^b)_2$. Les rapports simples déjà constatés par M. Helmholtz entre les notes caractéristiques de l'O, de l'A et de l'E, existent donc également entre les notes de ces trois voyelles et celles de l'OU et de l'I, et les cinq voyelles principales sont caractérisées comme suit :

OU	O	A	E	I
$(si^b)_2$	$(si^b)_3$	$(si^b)_4$	$(si^b)_5$	$(si^b)_6$

soit en nombre dans des vibrations simples : 450, 900, 1800, 3600, 7200. Après avoir énoncé ce résultat, assurément fort remarquable, M. Kœnig ajoute :

« Il me paraît plus que probable qu'il faut chercher dans la simplicité de ces rapports la cause physiologique qui fait que nous retrouvons toujours à peu près les mêmes cinq voyelles dans les différentes langues, quoique la voix humaine en puisse produire un nombre indéfini, comme les rapports simples entre les nombres de vibrations expliquent l'existence des mêmes intervalles musicaux chez la plupart des peuples. » E. S.

CHIMIE.

Julius Thomsen. Recherches sur les chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses des combinaisons chimiques. (*Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 716.)

On ne possède jusqu'ici, sur les chaleurs spécifiques des dissolutions, qu'un petit nombre d'observations dues à MM. Person, Andrews et Schüller, et faites par des méthodes qui, suivant M. Thomsen, ne permettent pas une grande exactitude.

Ce savant s'est livré sur ce sujet à des recherches fort étendues, car il a étudié environ 150 dissolutions ; il en publiera prochainement les résultats, et se borne pour le moment à en signaler une faible partie.

Il a employé pour ces déterminations une méthode nouvelle, qui consiste à chauffer les liqueurs, dans un calorimètre d'environ un litre de capacité, par la chaleur dégagée par la combustion d'un volume déterminé d'hydrogène. L'appareil, assez compliqué, est disposé de manière que l'élévation de température soit toujours proportionnelle au temps, ce qui permet de compenser exactement l'influence de l'air. Il estime à 2 pour 1000 près l'exactitude des résultats obtenus.

Les tableaux suivants font connaître les résultats obtenus pour quelques acides et quelques alcalis. Ils renferment les chaleurs spécifiques pour l'unité de poids, et les chaleurs spécifiques moléculaires des dissolutions, c'est-à-dire le produit de la chaleur spécifique par le poids moléculaire correspondant à la formule chimique admise. A côté de celles-ci, on a indiqué la chaleur spécifique moléculaire de l'eau contenue dans la dissolution. Une dernière colonne renferme les différences entre ces deux grandeurs, c'est-à-dire les quantités dont la présence de la substance dissoute augmente ou diminue la chaleur spécifique de l'eau.

Les déterminations sont faites pour la température de 18°.

I. *Acide sulfurique*, $SO^3 + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
5	0,545	170	92,7	90	+2,7
10	0,700	260	182,0	180	+2,0
20	0,820	440	360,8	360	+0.8
50	0,918	980	899,6	900	—0,4
100	0,955	1880	1795	1800	—5
200	0,976	3680	3591	3600	—9

On voit que des dissolutions étendues exigent, pour s'échauffer, moins de chaleur que l'eau seule contenue dans ces dissolutions.

II. *Acide azotique*, $HAzO^3 + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
10	0,767	243	186,4	180	+6,4
20	0,848	423	358,7	360	—1,3
50	0,929	963	895	900	—5
100	0,962	1863	1792	1800	—8
200	0,981	3663	3592	3600	—8

Même observation que pour l'acide sulfurique.

III. *Acide chlorhydrique*, $HCl + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
10	0,748	216,5	162,0	180	—18,0
20	0,854	396,5	338,5	360	—21,5
50	0,931	936,5	872	900	—28
100	0,963	1836,5	1769	1800	—31
200	0,978	3636,5	3557	3600	—43

Une dissolution d'acide chlorhydrique exige donc toujours moins de chaleur, pour son échauffement, que l'eau qu'elle contient. La différence s'élève jusqu'à 10 p. 100 pour la première dissolution qui renferme environ 17 p. 100 d'acide.

IV. *Acide tartrique*, $C^4H^6O^6 + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
10	0,745	330	246,0	180	+66,0
20	0,831	510	423,9	360	+63,9
50	0,910	1050	955	900	+55
100	0,951	1950	1854	1800	+54
200	0,974	3750	3652	3600	+52

Ainsi, une dissolution d'acide tartrique exige toujours plus de chaleur pour s'échauffer que l'eau qui y est contenue. L'auteur attribue ce fait à la présence de l'eau (ou plutôt des éléments de l'eau) entrant dans la composition de l'acide lui-même.

V. *Potasse caustique*, $KHO + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
30	0,876	596	522	540	—18
50	0,915	956	875	900	—25
100	0,954	1856	1770	1800	—30
200	0,974	3656	3561	3600	—39

VI. *Soude caustique*, $NaHO + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
7,5	0,846	175	148,0	135	+13,0
15	0,878	310	272,2	270	+ 2,2
30	0,919	580	533	540	— 7
50	0,942	940	885	900	—15
100	0,967	1840	1779	1800	—21
200	0,982	3640	3575	3600	—25

Les dissolutions de potasse et de soude se comportent donc comme celles des acides. Au delà d'un certain degré de dilution, la chaleur spécifique est moindre que celle de l'eau qui y est contenue. Les différences sont toujours plus grandes pour les dissolutions de potasse que pour celles de soude.

VII. *Ammoniaque caustique*, $AzH^5O + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
30	0,9965	575	573,0	540	+33,0
50	0,9975	935	932,7	900	+32,7
100	0,9984	1835	1832,1	1800	+32,1

Les dissolutions d'ammoniaque ont donc une chaleur spécifique qui est toujours supérieure à celle de l'eau qu'elles renferment. Ce fait est dû, suivant M. Thomsen, comme pour l'acide tartrique, à l'influence des éléments de l'eau et surtout de l'hydrogène.

L'auteur termine par les observations suivantes :

« Ces exemples suffisent pour donner une idée de ces recherches. Le grand nombre de dissolutions que j'ai examinées, et pour lesquelles je dois renvoyer à mon Mémoire dé-

taillé, ont toutes présenté des résultats analogues aux précédents. La conséquence la plus générale qui en résulte est que :

« *Lorsqu'une dissolution aqueuse est mélangée d'eau, il en résulte une liqueur dont la chaleur moléculaire est moindre que la somme des chaleurs moléculaires des liquides mélangés, soit que ce mélange ait été accompagné d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur.*

« Des recherches ultérieures apprendront si cette loi est vraie pour toute température ; mais elle est générale à la température de 18° pour laquelle j'ai déterminé les chaleurs spécifiques.

« Il résulte de cette loi que *le mélange de l'eau avec une dissolution aqueuse dégage toujours de la chaleur ;* si ce dégagement ne se manifeste pas au thermomètre, c'est qu'il est employé à un changement dans la constitution moléculaire (travail intérieur) des dissolutions.

« *La chaleur spécifique est en relation intime avec les poids spécifiques ;* les limites de cette communication ne me permettent pas d'aborder le détail de cette relation. Je me borne à signaler que j'ai déterminé les densités et, par suite, les volumes moléculaires de toutes les dissolutions dont j'ai pris les chaleurs spécifiques, et qu'il résulte de ces recherches la loi suivante :

« *La dilution d'une dissolution aqueuse donne lieu à une liqueur dont le volume moléculaire est toujours moindre que la somme des volumes des liquides mélangés, soit que ce mélange ait été accompagné d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur ; en un mot, il y a toujours contraction.*

« Cette contraction est en rapport intime avec la diminution de la chaleur moléculaire ; ces deux phénomènes doivent avoir pour effet un dégagement de chaleur ; si, cependant, la dilution d'une dissolution est souvent accompagnée d'une absorption de chaleur, cela tient à ce qu'il y a une consommation de travail intérieure produite par un changement moléculaire ou une décomposition. »

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

N. Lieberkühn. Die Bewegungserscheinungen, etc. Les phénomènes du mouvement des cellules animales. (*Schriften d. Ges. z. Beförd. d. gesammt. Naturw. zu Marburg*, 1870, Band IX.)

Le Mémoire de M. Lieberkühn contient une foule d'observations sur les phénomènes encore si obscurs de la vie intracellulaire. Il est difficile de les coordonner en un tout, bien qu'elles aient sans exception trait à un sujet commun. Nous allons cependant essayer d'esquisser les faits principaux avec l'aide de M. Lieberkühn lui-même.

Schwann avait été déjà frappé de la ressemblance du tissu de la chorde dorsale avec celui des cellules végétales. Cette comparaison n'a fait que se confirmer depuis lors. La substance fondamentale chondrogène du tissu de la chorde correspond à l'enveloppe de cellulose de la cellule végétale; les masses de protoplasma adhérentes à la paroi interne de la capsule, laissent apercevoir parfois des mouvements et des contractions comme on en connaît dans les cellules des plantes; ce protoplasma enserre un liquide homologue du liquide de la cellule végétale, à travers lequel sont tendus souvent des filaments de protoplasma granuleux susceptibles de changements de forme. Les nucléus sont appliqués contre la paroi. A une époque postérieure du développement, le protoplasma granuleux disparaît, et il ne subsiste plus qu'une substance écumeuse qui finit par disparaître à son tour. De très-petites granulations qu'on trouve parfois dans le liquide cellulaire montrent par leur mouvement moléculaire qu'elles sont placées dans un milieu très-liquide, et leur mouvement de progression prouve qu'il existe dans ce liquide des courants déterminés.

Une grande partie des recherches de M. Lieberkühn portent sur les relations du liquide cellulaire et du protoplasma chez les Spongilles. Ces deux éléments peuvent se séparer l'un de l'autre, au point de donner naissance à une sorte d'écume

dans laquelle de petites vacuoles peuvent se réunir entre elles pour en former de plus grandes. Parfois même on trouve une seule vacuole très-grande dans chaque cellule. Celles-ci renferment dans ce cas un liquide transparent, et le nucléus est toujours placé dans le protoplasma qui l'entoure. Ce dernier peut étendre en sens divers des sortes de pseudopodes amœboïdes. Cette séparation du protoplasma et du liquide cellulaire peut disparaître à son tour complétement, ou bien il peut rester seulement quelques petites vacuoles dans le protoplasma de la cellule, et alors ces vacuoles se contractent subitement comme les vésicules contractiles des infusoires. Malgré les assertions contraires, M. Lieberkühn maintient l'opinion que la substance contractile des Spongilles est formée en totalité par l'agrégation de cellules indépendantes. C'est ce qu'il démontre en portant une Spongille à la température d'environ 60°. On voit alors les cellules se contracter et se séparer les unes des autres en petites masses isolées, munies chacune d'un nucléus. Les cellules de Spongilles peuvent, dans certains cas, reproduire, comme le tissu de la chorde, le schéma des cellules végétales. C'est ce qui arrive lors de la formation des parties siliceuses de l'enveloppe des gemmules. En effet, à la surface du protoplasma mou des cellules se sécrète une enveloppe dure de spongine, qui finit par subsister seule avec le corps siliceux formé à l'intérieur, tandis que le protoplasma s'atrophie. Il est certain que les vacuoles des cellules de Spongilles sont remplies d'un liquide très-peu dense, car les granules qui y pénètrent entrent en mouvement moléculaire comme dans les vacuoles des cellules de la chorde.

Des phénomènes très-semblables à ceux décrits chez les cellules de Spongilles ont été observés par M. Lieberkühn chez les corpuscules incolores du sang des salamandres et des tritons. Dans le cours d'une même journée, un de ces corpuscules peut prendre une apparence écumeuse par suite de l'abondance des vacuoles, ou bien réunir tout le liquide cellulaire en une grande vacuole unique, autour de laquelle

la substance contractile avec son noyau est disposée comme une épaisse membrane. Même sous cette forme, le corpuscule incolore du sang peut exécuter des mouvements et envelopper des corpuscules rouges, exactement comme des Amibes, une *Monas amyli*, ou une Actinophrys avalent des corps étrangers.

Des phénomènes analogues se passent aussi dans les cellules pigmentaires de la peau des larves de grenouilles et de crapauds. Là aussi apparaissent de grandes vacuoles tenant en suspension des granules pigmentaires dansant vivement, et la cellule peut présenter des mouvements amœbéens.

Il est urgent de ne pas confondre, dans tous les cas que nous venons d'énumérer, les phénomènes vitaux avec ceux qui ne le sont pas. Les mouvements moléculaires sont considérés aujourd'hui avec raison comme n'ayant rien à faire avec la vie; mais on admet généralement que les mouvements amœboïdes des cellules sont un phénomène vital. M. Lieberkühn rejette cette idée comme fausse, et montre, par des observations faites sur les gemmules des éponges, que des cellules mortes peuvent exercer des mouvements amœboïdes. Lorsqu'on ajoute un peu de glycérine ou de sel de cuisine à l'eau dans laquelle vit une spongille, le corps de celle-ci se contracte énergiquement, perd sa transparence, et toutes les manifestations vitales cessent pour ne plus reparaître. Écrase-t-on une gemmule dans de la glycérine, les cellules s'en échappent comme un amas de granules parfaitement immobiles. Ces cellules sont bel et bien mortes et nullement capables de se développer, comme le feraient les cellules d'une gemmule écrasée dans l'eau. Et pourtant ces cellules mortes présentent des mouvements amœboïdes dès qu'on ajoute un peu d'eau à la glycérine. En revanche, on n'a encore jamais vu une cellule morte en envelopper une autre, comme un corpuscule incolore du sang en enveloppe un rouge.

E. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

Le 1, forte rosée le matin.

3, de midi 20 m. à 2 $^1/_2$ h.; succession d'orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres suivant la direction de l'OSO. à ENE.; le maximum d'intensité a eu lieu vers 1 h., très-forte averse à ce moment. Plus tard, de 4 h. à 4 $^3/_4$ h. éclate encore un orage, accompagné de nombreuses décharges électriques, mais sans pluie, direction SSO. à ENE.

5, forte rosée le matin et le soir.

6, forte rosée le matin; de 2 $^3/_4$ h. à 3 $^1/_4$ h. un orage éclate à l'Ouest de l'Observatoire; éclairs et tonnerres sans pluie. Un autre orage éclate au SE. de 3 $^1/_4$ h. à 3 $^1/_2$ h.

7, succession d'orages de 5 $^3/_4$ h. à 9 $^1/_4$ h. du soir; le plus violent accompagné de fortes décharges électriques éclate de 7 $^1/_2$ h. à 9 $^1/_4$ h., précédé d'un fort coup de vent du Sud.

8, le sommet du Môle est blanchi par une légère couche de neige, qui disparaît le lendemain; dans la soirée couronne lunaire.

11, de 7 $^1/_2$ h. à 9 $^1/_2$ h. du soir orage accompagné de décharges électriques, maximum d'intensité de 8 h. à 8 h. 10 m., direction de l'orage SSO. à NE.

12, forte rosée le soir.

13, brouillard le matin jusque vers midi; faible halo solaire de midi $^1/_4$ à 5 h.

14, forte rosée le matin.

15, 16, forte bise, très-forte le 16.

20, rosée le matin et le soir; faible halo solaire partiel de 10 $^1/_2$ h. à 11 $^3/_4$ h.

21, brouillard le matin et le soir; forte rosée le matin.

22, forte rosée le matin; la bise se lève avec force depuis midi. Hale très-prononcé, les Voirons et le Jura sont à peine visibles.

24, forte rosée le matin et le soir.

25, id. id.

26, id. id.

27, forte rosée le matin et brouillard.

29, forte rosée le matin.

30, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 4 à 10 h. soir	731,00
8 à 10 h. soir	730,16
11 à 10 h. matin	731,51
17 à 8 h. matin	736,32
21 à 8 h. matin	734,56
24 à 8 h. matin	736,24

MINIMUM.

	mm
Le 3 à midi	723,16
7 à 6½ h. soir	716,15
9 à 5 h. soir	726,90
14 à 2 h. après m.	726,28
19 à 6 h. matin	730,26
22 à 4 h. après m.	728,38
26 à 4 h. après m.	72

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	728,00	+ 0,34	+14,18	—2,19	+ 6,7	+20,4	9,32	—0,89	768	+ 26	560	950	...	...	N. 1	0,20	16,7	— 1,5	173
2	725,47	— 2,16	+20,39	+4,13	+15,5	+25,2	8,85	—1,32	529	—215	310	740	...	...	SSO. 2	0,58	17,3	— 0,8	170
3	724,67	— 2,93	+18,27	+2,12	+13,7	+22,9	9,88	—0,25	676	— 71	470	990	21,9	3	S. 1	0,77	17,3	— 0,8	165
4	729,77	+ 2,20	+16,64	+0,60	+12,8	+22,3	9,00	—1,09	663	— 86	130	870	...	...	SO. 1	0,49	—	—	165
5	728,80	+ 1,25	+14,58	—1,34	+ 7,0	+22,2	9,85	—0,20	797	+ 45	510	980	...	...	N. 1	0,21	16,7	— 1,2	165
6	722,72	— 4,81	+15,28	—0,52	+10,2	+21,4	10,40	+0,39	808	+ 54	630	950	4,0	4	variable	0,87	16,8	— 1,1	165
7	719,40	— 8,10	+14,57	—1,11	+10,3	+18,9	10,76	+0,79	881	+124	680	960	27,4	11	N. 1	0,84	16,7	— 1,1	167
8	727,89	+ 0,42	+12,30	—3,26	+ 9,5	+17,1	7,07	—2,86	686	— 73	480	770	0,1	1	S. 2	0,54	13,8	— 4,0	168
9	728,35	+ 0,91	+15,35	—0,08	+ 7,7	+21,2	8,73	—1,16	667	— 95	550	830	0,7	2	variable	0,89	10,9	— 6,8	170
10	728,50	+ 1,09	+18,67	+3,37	+17,3	+21,7	11,21	+1,36	730	— 34	570	810	0,4	1	SSO. 1	0,89	10,3	— 7,3	170
11	730,87	+ 3,49	+14,30	—0,86	+13,2	+17,5	10,67	+0,86	903	+136	750	970	4,2	3	N. 1	0,91	—	—	170
12	730,58	+ 3,22	+15,10	+0,07	+13,0	+19,5	10,08	+0,31	809	+ 40	560	950	...	...	N. 1	0,41	11,9	— 5,6	170
13	729,08	+ 1,75	+16,01	+1,12	+11,0	+23,0	10,34	+0,61	760	— 11	410	1000	...	...	SO. 1	0,79	16,0	— 1,5	170
14	726,78	— 0,52	+16,88	+2,13	+12,1	+23,2	8,78	—0,91	644	—130	420	880	...	...	SSO. 1	0,87	16,3	— 1,1	170
15	729,92	+ 2,66	+13,48	—1,13	+11,0	+17,1	7,07	—2,59	649	—128	410	960	0,9	2	NNE. 2	0,16	16,1	— 1,2	170
16	733,43	+ 6,20	+11,94	—2,54	+ 8,8	+16,2	6,23	—3,38	626	—153	420	790	...	...	NNE. 3	0,03	15,8	— 1,5	170
17	735,41	+ 8,22	+11,62	—2,73	+ 8,7	+16,7	6,80	—2,75	704	— 78	370	850	...	...	N. 1	0,14	15,8	— 1,4	167
18	732,30	+ 5,14	+11,77	—2,44	+ 4,3	+17,9	7,50	—1,99	730	— 55	490	950	...	...	NNE. 1	0,22	—	—	164
19	730,72	+ 3,60	+13,04	—1,04	+12,1	+16,1	7,95	—1,49	739	— 48	610	820	...	...	NNE. 2	0,74	15,7	— 1,3	160
20	733,73	+ 6,64	+11,81	—2,14	+ 5,7	+17,9	8,93	—0,45	854	+ 64	640	960	...	...	variable	0,08	15,6	— 1,3	158
21	733,32	+ 6,26	+13,00	—0,80	+ 5,1	+20,0	8,65	—0,68	779	— 13	530	1000	...	...	variable	0,38	15,7	— 1,1	156
22	729,62	+ 2,60	+13,52	—0,13	+ 7,7	+19,0	8,26	—1,01	728	— 67	560	950	...	...	N. 2	0,14	15,8	— 0,9	155
23	732,98	+ 5,99	+10,24	—3,27	+ 7,8	+14,0	7,56	—1,65	845	+ 48	670	960	...	...	NE. 1	0,54	15,5	— 1,1	153
24	735,51	+ 8,56	+10,25	—3,11	+ 4,9	+15,4	7,24	—1,92	778	— 21	600	910	...	...	variable	0,16	15,7	— 0,8	150
25	734,21	+ 7,29	+11,77	—1,44	+ 5,0	+18,1	8,40	— 0,70	813	+ 12	600	980	...	...	N. 1	0,12	—	—	143
26	730,76	+ 3,87	+11,53	—1,53	+ 6,1	+16,5	8,70	—0,35	857	+ 54	670	980	...	...	variable	0,18	15,8	— 0,5	145
27	730,93	+ 4,08	+11,16	—1,75	+ 6,8	+15,9	9,00	+0,01	907	+102	730	990	...	...	N. 1	0,64	15,6	— 0,6	144
28	732,77	+ 5,95	+13,39	+0,64	+ 9,9	+17,8	9,08	+0,15	812	+ 5	590	940	...	...	NNE. 1	0,36	15,6	— 0,5	143
29	733,14	+ 6,36	+11,48	—1,12	+ 5,9	+17,8	8,76	—0,12	865	+ 56	600	980	...	...	N. 1	0,21	15,7	— 0,3	141
30	733,35	+ 6,60	+12,10	—0,35	+ 7,5	+16,9	7,55	—1,27	731	— 80	550	870	...	...	N. 1	0,40	15,7	— 0,2	140

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,82	726,99	726,90	726,31	726,04	725,53	725,56	726,60	727,46
2e «	731,51	731,78	731,84	731,42	730,89	730,56	730,63	731,22	731,35
3e «	732,95	733,33	733,30	732,81	732,14	731,78	731,98	732,47	732,77
Mois	730,42	730,70	730,68	730,18	729,69	729,29	729,39	730,10	730,52
Température.									
	0		0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+12,69	+15,36	+17,51	+18,79	+19,03	+20,11	+18,50	+16,73	+15,39
2e «	+10,50	+12,73	+14,55	+16,29	+17,55	+17,27	+15,86	+14,09	+12,69
3e «	+ 7,46	+10,55	+13,51	+14,91	+16,04	+16,58	+15,11	+12,57	+10,62
Mois	+10,22	+12,88	+15,19	+16,66	+17,54	+17,99	+16,49	+14,46	+12,90
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	8,80	9,37	9,41	9,35	9,72	9,93	10,62	9,98	9,82
2e «	8,66	9,04	8,83	8,28	8,27	8,04	8,87	8,70	8,65
3e «	7,30	8,14	8,75	8,57	8,70	8,73	9,06	8,76	8,31
Mois	8,25	8,85	9,00	8,73	8,90	8,90	9,52	9,14	8,93
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	813	719	634	583	610	577	669	712	763
2e «	896	815	708	603	551	549	645	718	786
3e «	941	856	757	683	647	623	709	810	873
Mois	883	797	700	623	603	583	674	747	807

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,07	+21,33	0,63	15,17	54,5	167,8
2e «	+ 9,99	+18,51	0,44	15,40	5,1	166,9
3e «	+ 6,67	+17,14	0,33	15,57	0,0	147,0
Mois	+ 9,24	+18,99	0,47	15,42	59,6	160,6

Dans ce mois, l'air a été calme 3,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 14°,7 O., et son intensité est égale à 23,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

Le 1, brouillard depuis 10 h. du soir.
- 2, id. jusqu'à 10 h. du matin et à 2 h. de l'après-midi.
- 3, id. une partie de la journée.
- 4, id. depuis 4 h. du soir.
- 5, id. depuis 6 h. du soir.
- 6, id. tout le jour.
- 7, id. toute la journée ; entre 9 h. et $9\,^1/_2$ h. du soir des éclairs et tonnerres au N.
- 8, id. jusqu'à 2 h. de l'après-midi.
- 10, id. à peu près tout le jour.
- 11, id. jusqu'à 8 h. du matin.
- 14, id. depuis 4 h. du soir.
- 15, id. la plus grande partie de la journée.
- 16, id. à 6 h. du matin et à 8 h. du soir.
- 18, id. depuis 6 h. du soir.
- 19, id. à 6 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
- 24, id. jusqu'à 8 h. du matin.
- 25, id. dans la soirée.
- 26, id. la plus grande partie de la journée.
- 27, id. à 10 h. du matin et à 8 h. du soir.
- 28, id. à 6 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
- 30, id. depuis 2 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin	568,52	Le 3 à 2 h. après midi . .	566,51
5 à 10 h. soir..	570,61	7 à 10 h. soir............	560,66
10 à 10 h. soir......... ..	572,12	15 à 6 h. matin...........	565,36
17 à 8 h. soir..........	571,23	19 à 6 h. matin...........	567,61
20 à 10 h. soir............	572,58	22 à 4 h. après m.	568,38
24 à 8 h. soir	573,17	27 à 6 h. matin..........	568,41
30 à 10 h. soir...	572,71		

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1870.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	567,87	— 0,28	567,66	568,52	+ 5,20	+ 0,12	+ 1,2	+ 8,4	.....	.....	....	SO. 1	0,39
2	567,03	— 1,07	566,87	567,62	+ 5,89	+ 0,90	+ 2,8	+10,0	.....	.....	....	SO. 1	0,76
3	567,00	— 1,04	566,51	568,07	+ 4,60	— 0,30	+ 2,0	+ 8,7	.....	16,1	4	SO. 1	0,79
4	568,47	+ 0,49	567,57	569,41	+ 2,97	— 1,84	+ 0,8	+ 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,57
5	569,94	+ 2,02	569,32	570,61	+ 6,16	+ 1,44	+ 4,9	+ 8,2	.....	.....	....	SO. 1	0,39
6	567,61	— 0,25	566,02	569,02	+ 4,04	— 0,58	+ 3,4	+ 5,4	.....	16,8	6	SO. 2	0,98
7	563,42	— 4,37	560,66	565,28	+ 4,11	— 0,41	+ 3,0	+ 5,3	.....	.....	....	SO. 2	1,00
8	564,68	— 3,04	560,67	567,62	— 2,07	— 6,49	— 3,0	0,0	.....	41,6	8	NE. 2	0,68
9	568,88	+ 1,23	567,95	569,43	+ 6,28	+ 1,96	+ 2,4	+ 9,1	.....	.....	....	SO. 1	0,53
10	569,22	+ 1,64	568,34	572,12	+ 6,26	+ 2,05	+ 5,2	+ 8,6	.....	4,3	1	NE. 1	0,92
11	570,33	+ 2,82	569,84	570,74	+ 7,98	+ 3,88	+ 5,2	+10,5	.....	6,3	7	NE. 1	0,93
12	569,57	+ 2,13	569,36	569,98	+ 6,84	+ 2,85	+ 5,8	+ 9,3	.....	.....	....	NE. 1	0,33
13	568,67	+ 1,30	568,29	569,20	+ 6,11	+ 2,23	+ 3,8	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,28
14	566,68	— 0,62	566,08	567,25	+ 5,95	+ 2,19	+ 1,8	+10,1	.....	3,0	2	NE. 2	0,80
15	566 28	— 0,94	565,35	567,21	— 1,36	— 5,00	— 2,9	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 2	0,90
16	568,85	+ 1,71	567,27	570,38	— 1,68	— 5,20	— 3,8	+ 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0,26
17	570,90	+ 3,84	570,40	571,23	+ 1,25	— 2,15	— 1,7	+ 3,5	.....	.....	....	NE. 1	0,01
18	569,29	+ 2,31	568,62	569,94	+ 2,25	— 1,02	+ 1,0	+ 4,6	.....	.....	....	NE. 1	0,40
19	568,53	+ 1,63	567,61	569,79	+ 3,88	+ 0,73	+ 1,8	+ 6,0	.....	.....	....	SO. 1	0,46
20	571,76	+ 4,94	570,38	572,58	+ 3,74	+ 0,72	+ 1,2	+ 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,03
21	571,73	+ 4,99	570,90	572,41	+ 5,82	+ 2,93	+ 4,2	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,21
22	568,73	+ 2,08	568,38	569,30	+ 4,97	+ 2,21	+ 4,0	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,19
23	570,23	+ 3,67	568,94	571,20	+ 3,60	+ 0,97	+ 1,2	+ 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,12
24	572,38	+ 5,90	571,48	573,17	+ 3,63	+ 1,13	+ 1,2	+ 6,1	.....	.....	....	NE. 1	0,22
25	571,56	+ 5,16	570,83	572,49	+ 3,65	+ 1,29	+ 2,3	+ 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,27
26	568,74	+ 2,43	568,62	569,08	+ 3,29	+ 1,07	+ 1,8	+ 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,71
27	569,01	+ 2,79	568,41	569,76	+ 2,54	+ 0,46	+ 0,8	+ 6,0	.....	.....	....	variable	0,51
28	570,21	+ 4,08	569,62	570,81	+ 2,16	+ 0,22	+ 0,3	+ 4,3	.....	.....	....	variable	0,51
29	570,83	+ 4,79	570,77	571,17	+ 3,64	+ 1,84	+ 0,5	+ 7,8	.....	.....	....	variable	0,03
30	571,31	+ 5,36	570,69	572,71	+ 3,19	+ 1,53	+ 1,0	+ 5,8	.....	.....	....	SO. 1	0,49

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomé-trographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,00	567,42	567 68	567,69	567,54	567,56	567,41	567,59	567,72
2e »	568,62	569,05	569,26	569,28	569,26	569,29	569 20	569,34	569,38
3e »	570,27	570,46	570,66	570,65	570,53	570,48	570,55	570,72	570,81
Mois	568,63	568,97	569,20	569,20	569,11	569,11	569,05	569,22	569,33

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,79	+ 3,58	+ 5,03	+ 6,21	+ 6,83	+ 5,87	+ 4,95	+ 4,19	+ 3,97
2e »	+ 2,01	+ 3,46	+ 4,79	+ 5,61	+ 5,46	+ 4,68	+ 3,92	+ 3,11	+ 2,76
3e »	+ 1,96	+ 3,36	+ 5,02	+ 6,00	+ 5,82	+ 4,90	+ 3,69	+ 3,45	+ 2,97
Mois	+ 2,25	+ 3,47	+ 4,95	+ 5,94	+ 6,04	+ 5,15	+ 4,19	+ 3,58	+ 3,23

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 2,27	+ 7,00	0,70	78,8	—
2e »	+ 1,22	+ 5,98	0,44	9,3	—
3e »	+ 1,73	+ 6,35	0,33	0,0	—
Mois	+ 1,74	+ 6,44	0,49	88,1	—

Dans ce mois, l'air a été calme 6,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 24,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.

ÉTUDES SUR LA GÉOLOGIE
DES ALPES

Par ERNEST FAVRE

I
LE MASSIF DU MOLÉSON
ET
LES MONTAGNES ENVIRONNANTES
DANS LE CANTON DE FRIBOURG

Le groupe de montagnes qui est le sujet de cette étude est compris entre Châtel-Saint-Denis et la vallée de la Sarine; il se compose du Niremont et des Corbettes, qui forment le prolongement de la chaîne de la Berra, du massif du Moléson et d'une partie de la chaîne des Verreaux; j'ajouterai à la description de ces montagnes quelques détails relatifs à la chaîne du Mont-Cray.

Pour la géologie de cette région, de même que pour celle d'une grande partie de la Suisse, nous devons en premier lieu recourir aux beaux travaux de M. Studer [1]. Les autres publications [2] relatives à ces localités se bornent à quelques recherches paléontologiques ; cependant,

[1] Geologie der westlichen Schweizer-Alpen, 1834. — Geologie der Schweiz, 1851-1853. — Studer et Escher de la Linth, Carte géologique de la Suisse.

[2] Colomb, Actes de la Société helvét. Aarau, 1850, p. 101. — Renevier, Bull. de la Société vaud., 1854, III, p. 135.— Fischer-Ooster,

en dernier lieu, M. Gilliéron [1] a parcouru ces montagnes, et a publié un travail remarquable sur les terrains crétacés qui les constituent.

Je diviserai ce travail en deux parties : la première sera consacrée à la description géologique ; la seconde, à l'étude spéciale des terrains et des restes organisés qu'ils renferment. Je n'ai pas l'intention de faire un examen complet des faunes si riches trouvées dans ces montagnes ; je voudrais seulement donner des notions aussi précises que me le permettent les matériaux que j'ai à ma disposition, sur les gisements et la succession des faunes qui y sont représentées.

Je tiens à remercier ici MM. Studer et de Fischer-Ooster, qui ont bien voulu me montrer en détail les richesses paléontologiques contenues dans le musée de Berne. Cet établissement renferme de belles séries de fossiles des terrains que j'ai examinés. Ces fossiles ont été recueillis en grande partie par un guide de Châtel-Saint-Denis, Joseph Cardinaux, qui m'a été fort utile dans mes courses géologiques.

I. DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

Le Niremont et les Corbettes. — La montagne du Niremont (1514^{m}) et celle des Corbettes (1408^{m}), qui en est le prolongement méridional, font partie du

Mittheil. naturf. Gesellsch. Bern, 1865, p. 141 ; 1869, p. 47, 53, 184. — M. Ooster a décrit de nombreux fossiles provenant de cette région et conservés au musée de Berne, dans les ouvrages suivants : Ooster, Pétrifications remarquables des Alpes suisses, Céphalopodes, Brachiopodes, Échinodermes, 1861-1865 ; Ooster et de Fischer-Ooster, Protozoe helvetica, 1869-1870.

[1] Archives des Sciences phys. et natur., 1870, XXXVIII, p. 255.

massif appelé dès longtemps par M. Studer chaîne de la Berra. Cette chaîne, commençant dans le canton de Berne aux environs de Thoune et dirigée du NNE. au SSO., contraste, par ses formes arrondies couvertes de riches pâturages, avec les grands escarpements et les arêtes découpées des chaînes intérieures des Alpes. Du côté de la plaine seulement, elle présente une pente abrupte formée par une masse puissante de calcaire. Elle est essentiellement composée du terrain éocène du flysch au milieu duquel apparaissent une partie des terrains secondaires. La montagne des Voirons, près de Genève, lui correspond par sa structure géologique et sa situation à la limite des Alpes et de la plaine.

Le Niremont présente, de la base au sommet, la succession de terrains suivante, dans une coupe prise entre les chalets de Molard-Marmet et de la Mollie-Progin et passant à la cascade du Dat (Pl. II, fig. 1) :

fl_1. Grès durs et marnes du flysch.

n_1. Terrain néocomien, peu épais, formé de marnes feuilletées d'un gris bleuâtre, se voyant au pied de la cascade.

j. Calcaire jurassique gris, puissant, fossilifère, en bancs peu épais, formant le grand escarpement de la montagne (*Belemnites hastatus, Ammonites bimammatus, A. tortisulcatus, Aptychus imbricatus*).

c. Marne foncée à grains noirs, renfermant beaucoup de crinoïdes et de petits brachiopodes, constituant le replat au-dessus de la cascade.

n_2. Calcaires compactes et marnes feuilletées néocomiens très-puissants et riches en fossiles (*Ammonites Astierianus, A. Rouyanus, Terebratula diphyoides*).

fl_2. Marnes et grès du flysch commençant près de la

Mollie-Progin, et occupant le sommet et le versant oriental de la montagne.

Toutes ces couches sont également inclinées vers l'Est.

Un peu plus au Nord, au-dessus de Montalban, les terrains secondaires ont disparu, et le flysch paraît former seul le flanc du Niremont ; mais, au delà de Semsales, le terrain néocomien reparaît à plusieurs reprises; je l'ai vu dans le ravin des Baboles, et de nombreux fossiles de ce terrain ont été recueillis plus loin, dans les environs de la Savoyardaz, au-dessus des Ponts. L'escarpement jurassique se prolonge régulièrement au Sud du Dat jusqu'aux carrières de Praz de la Chaux qui ont fourni un grand nombre de fossiles, et il se termine non loin du bord droit de la Veveyse, dans le ravin qui descend des Chaudereires. La zone néocomienne supérieure conserve partout à peu près la même largeur; la zone inférieure suit le flanc de la montagne, et disparaît parfois presque entièrement. Le nagelfluh calcaire de la plaine, sur lequel est construite la petite ville de Châtel, se prolonge au Nord du côté de Semsales, en plongeant toujours vers l'Est, et on le voit en plusieurs points disparaître sous les marnes du flysch. Les moraines et les blocs erratiques du terrain glaciaire s'étendent le long du pied de la montagne, et recouvrent souvent ces deux derniers terrains.

La structure du Niremont semble pouvoir s'expliquer par une voûte déjetée à l'Ouest, et dont les deux flancs plongent parallèlement vers l'Est. Suivant que cette voûte est plus ou moins rompue, le flysch se montre seul, ou laisse apparaître une bande néocomienne; une rupture plus profonde montre les couches jurassiques au centre, bordées des deux côtés par les couches néocomiennes, entourées elles-mêmes de celles du flysch. C'est là un

exemple des couches en forme de C décrites par M. Studer[1], dans lesquelles l'ouverture du C est tournée du côté de la haute chaîne. La symétrie n'est cependant pas complète des deux côtés de la voûte; car on ne trouve pas sous les couches jurassiques les marnes foncées à crinoïdes qui existent au-dessus d'elles et forment la base des assises néocomiennes. Peut-être doit-on expliquer ce fait par un glissement qui aurait eu lieu pendant le soulèvement, et qui aurait fait disparaître cette couche d'ailleurs peu épaisse.

Les plissements sont beaucoup plus compliqués dans la montagne des Corbettes; la coupe de ce massif est très-distincte dans le bras gauche de la Veveyse, nommée souvent Veveyse de Fégires (Pl. II, fig. 2). On y voit successivement : le flysch fl_1, une première zone néocomienne n_1, une première zone de calcaires jurassiques j_1, les marnes à crinoïdes c, une seconde zone néocomienne n_2, une seconde zone jurassique j_2 qui présente dans les escarpements de la Veveyse une voûte très-distincte, une troisième zone néocomienne n_3, et une seconde zone de flysch fl_2 d'une grande épaisseur.

Cette structure, dont la complication apparente est très-grande, est tout à fait analogue à celle des Voirons, telle qu'elle a été décrite par M. A. Favre[2]. J'ai reproduit (Pl. II, fig. 3) la coupe de cette dernière montagne, afin de montrer son extrême ressemblance avec celle des Corbettes. En effet elles présentent chacune deux voûtes superposées l'une à l'autre et séparées par un pli néocomien. La voûte inférieure des Corbettes est rompue

[1] Les couches en forme de C dans les Alpes. Archives des Sciences phys. et natur., 1861, XI, p. 5.

[2] Recherches géologiques, etc., I, p. 419, pl. 4, fig. 4.

jusqu'au terrain jurassique qui apparaît au centre, tandis qu'aux Voirons la rupture ne pénètre pas au delà du terrain néocomien; la coupe des Corbettes confirme donc le plissement que M. Favre a supposé aux Voirons. La voûte supérieure est identique dans les deux montagnes, où la rupture met à découvert le terrain jurassique; ce dernier présente dans la Veveyse un contournement semblable à celui qui est indiqué sur la figure. Enfin, la zone néocomienne n_2, qui forme un des flancs de chacune de ces voûtes, et a dans la Veveyse de Fégires une grande épaisseur, est évidemment repliée sur elle-même. Cela est démontré par la coupe des Voirons, où le flysch *fl* apparaît au milieu du terrain néocomien et le sépare en deux bandes distinctes.

La première zone jurassique passe au Chaussin, au-dessous de la chapelle de Fruence, et aux carrières de Châtel-Saint-Denis sous Maudens, où elle se termine; la seconde passe à la Briaz, au Praz Mogiz et vient aboutir aux Rochers, sur la rive droite de la Veveyse.

La partie inférieure de la coupe des Corbettes correspond à la coupe du Niremont, à laquelle elle est identique. Les couches qui constituent ces montagnes ne sont cependant pas dans le prolongement les unes des autres: car une faille coupe perpendiculairement cette chaîne un peu au Nord de la Veveyse proprement dite, et se dirige des Rochers à Maudens et au delà vers la plaine. Les couches sont très-bouleversées en ce point, et leur continuité a été rompue; les couches jurassiques des carrières de Châtel-Saint-Denis, qui sont au Sud de cette faille, et qui forment le centre de la voûte inférieure, se trouvent plus à l'Ouest que celles de Praz de la Chaux, situées au Nord de la faille et qui en sont la continuation. Les cou-

ches néocomiennes qui les entourent ont subi un déplacement analogue. Les lèvres de la faille sont nettement marquées aux Rochers par la fin brusque de la zone jurassique j_2, et dans le ravin des Chaudereires par la fin des calcaires jurassiques de Praz de la Chaux. On peut attribuer ce déplacement des couches à la formation de la voûte supérieure de la chaîne des Corbettes ; car ce grand plissement a exigé une place considérable, et a dû refouler vers l'Ouest la voûte inférieure.

Je signalerai encore dans la chaîne du Niremont des schistes noirs très-durs, sans fossiles, se délitant en grandes dalles ; ils se voient à Maudens, à la Riondanère, à Fruence : mais je n'ai pu les observer en place dans aucune branche de la Veveyse. A Fruence, on les voit nettement en contact avec le calcaire jurassique de la chapelle, sous lequel ils plongent en stratification concordante. Ils semblent donc occuper ici la position des couches à crinoïdes. J'ai cependant encore des doutes sur l'âge de ces roches, dans lesquelles je n'ai trouvé aucun reste organique.

La chaîne de la Berra est limitée du côté Est par une faille d'une grande importance (F, Pl. II, fig. 1) qu'on peut suivre depuis les montagnes de la Savoie jusque dans le massif du Stockhorn ; elle met en contact les couches éocènes du flysch avec des terrains plus anciens et le plus souvent avec le lias ou le terrain triasique. Du côté occidental de la faille, les couches du flysch, généralement inclinées à l'Est, semblent avoir subi des contournements ; car elles laissent apparaître en plusieurs points les couches néocomiennes et jurassiques ; c'est ainsi que j'ai vu divers lambeaux de calcaire jurassique sur la rive droite de la Trême, à la Joux-derrière et à Cuvignes-dessus, et des couches néocomiennes près de la Veveyse de Fégires à la Ciergne-au-Boucle.

En résumé, la voûte jurassique que j'ai observée dans la Veveyse de Fégires, et la manière dont cette coupe et celle des Voirons se complètent en montrant dans chacune de ces montagnes les terrains qui manquent dans l'autre, prouvent qu'il faut avoir recours à des plis et non à des glissements pour expliquer la structure si compliquée de cette chaîne extérieure des Alpes. Les Corbettes et les Voirons nous présentent un double pli[1] ou deux C successifs, dont l'ouverture est tournée du côté des Alpes; les contournements du Niremont présentent un simple C dans la même position. Tandis que la bande jurassique du Niremont correspond à la bande jurassique inférieure des Corbettes, celle des Voirons correspond à la bande supérieure de cette même montagne. La continuation septentrionale de la chaîne de la Berra offre des plissements du même type, dont M. Gilliéron a déjà dit quelques mots, et dont nous espérons que ce savant géologue nous donnera bientôt des coupes détaillées. Toutes les couches de ces voûtes plongent vers l'intérieur des montagnes, et les couches tertiaires de la plaine paraissent plonger sous les couches plus anciennes des Alpes. Cette dernière disposition des couches a déjà été l'objet de nombreuses observations sur les deux versants de cette chaîne.

L'origine des contournements si compliqués de la chaîne extérieure est d'autant plus difficile à déterminer que, s'ils se prolongent sur une grande longueur, leur largeur est au contraire très-faible. Au delà de la faille qui limite géologiquement cette chaîne, les plissements

[1] M. A. Favre a reconnu des contournements semblables à ceux-ci dans la montagne du Brezon, au-dessus de Bonneville. Recherches géologiques, Atlas, pl. 9, fig. 4.

des couches ne sont pas déjetés d'une manière régulière, et se rapportent généralement à des axes tantôt verticaux, tantôt inclinés de diverses manières. Si le soulèvement des Alpes doit être attribué, comme l'a dit M. Studer [1], à « une force latérale immense, dont l'action s'est propagée « de l'axe des Alpes centrales sur le bord de la chaîne, » il faut supposer que ce refoulement, occasionnant les plis qui ont formé les chaînes successives, n'a rejeté de côté que les couches les plus extérieures, auxquelles le sol de la plaine aurait opposé un obstacle invincible.

Le Moléson. — Le groupe du Moléson forme un massif allongé, dirigé du NE. au SO. et isolé des montagnes environnantes. Il se compose de deux sommités, le Moléson (2005^{m}) et Téjatzaux [2] (1911^{m}), séparées par l'arête allongée de Trémettaz. La base de ces montagnes, bordées de tous côtés par des escarpements abruptes, est garnie de grands bois de sapins et des magnifiques pâturages qui ont donné à la Gruyère sa célébrité. De profonds ravins qui s'en détachent de tous côtés, et où coulent des torrents rapides, la Trème, l'Erbivue, la Marivue et les affluents de la Veveyse, en facilitent l'étude géologique, bien qu'ils soient pour la plupart creusés dans une épaisseur immense de terrain d'éboulement.

Ce massif a une structure très-régulière ; de quelque côté qu'on le gravisse, on trouve, de la base au sommet, des couches de plus en plus récentes et, sur les versants NE. et SO., les couches plongent vers l'intérieur

[1] Archives des Sciences phys. et natur., XV, p. 19.

[2] J'ai donné à ces sommités les noms les plus généralement usités par les habitants du pays. La carte de Stryensky et la carte fédérale donnent le nom de Trémettaz à la pointe de Téjatzaux.

de la montagne. Une cassure qui n'est pas rectiligne la partage dans sa longueur ; elle se termine avant la pointe de Téjatzaux dont les couches plongent toutes du côté du NO. Cette cassure diffère d'une faille en ce qu'elle n'a pas été accompagnée d'un glissement ; les couches ne sont pas redressées et se correspondent d'un bord à l'autre. La montagne est donc symétrique. Elle repose de tous côtés sur des formations plus anciennes, comme un témoin respecté par les bouleversements géologiques et par les grandes érosions auxquelles ont été soumis ces massifs montagneux.

La faille (Pl. II, fig. 1) qui sépare le Moléson de la chaîne du Niremont, passe le long d'une des branches de la Veveyse au-dessus des Malliertzon, et se prolonge de là à l'Est des Raschevys vers le Gros-Plané ; à l'Ouest se trouve le flysch ; à l'Est la cargneule, puis les couches rhétiques et le lias ; la cargneule reparaît un peu au nord du Gros-Plané, et forme une bande longue et étroite qui s'étend jusqu'aux bains de Montbarry près de Gruyère. Les couches rhétiques des Malliertzon sont recouvertes par le terrain liasique (Pl. III, fig. 1) : ce sont des calcaires durs, en bancs épais, assez abondants en bélemnites, qui appartiennent probablement au lias moyen et sur lesquels reposent des calcaires schisteux très-puissants du lias supérieur, dont quelques couches renferment une grande abondance de fossiles ; le ravin qui descend du Villaz en a fourni une faune remarquable (*Amm. serpentinus, cornucopiæ, thouarsensis, annulatus*, etc.). Des marnes feuilletées surmontent le lias, formant du côté de l'Ouest la base même de la montagne. Elles sont grises, très-tendres et riches en rognons jaunes et rougeâtres de pyrite dans lesquels j'ai trouvé des posi-

donomyes et des ammonites (*A. Murchisonæ*). Au-dessus de cette couche s'élève la pyramide du Moléson, formée des terrains suivants :

jp. Calcaire à posidonomyes ; calcaire marneux gris et souvent veiné de rouge, assez compacte, alternant avec des marnes feuilletées, formant de tous côtés les escarpements inférieurs du Moléson où les gisements de Pétère, du Mifory et du Grand Teysachaux ont fourni un grand nombre de fossiles (*Ammonites Kudernatschi, subobtusus, Martinsi, tripartitus, Posidonomya alpina*, etc.).

jr. Calcaire d'un rouge vif, en rognons, dur, surmonté d'un calcaire blanc de même structure. Les fossiles qu'on y recueille (*Belemnites hastatus, Ammonites Arduennensis, tortisulcatus*, etc.) le font classer dans le terrain oxfordien. J'ai pu observer ces calcaires rouges sur un grand nombre de points ; ils forment tout le tour du massif du Moléson, et, quoiqu'ils soient recouverts en certains endroits par la terre et les éboulis, on ne peut douter de leur présence. On les voit à Trémettaz sur une grande étendue, au-dessus du Plan-François, du Gros-Moléson, du Mifory et de la Vieille-Chaux, ainsi qu'à Tsouatsau-dessus.

js. Calcaire d'un gris clair, dur, en bancs épais, pauvre en fossiles, contenant de nombreux rognons de silex. Il forme de grands escarpements autour du Moléson et de Trémettaz, et la partie supérieure de la pointe de Téjatzaux.

n. Calcaire néocomien marneux, d'un gris blanchâtre, semé de taches bleuâtres, alternant avec des marnes feuilletées. Il constitue la cime du Moléson, et se prolonge le long de l'arête de Trémettaz jusqu'au delà du chalet de Trémettaz-dessus. On peut observer la cassure

du Moléson dans les profondes dénudations qui forment les cirques de Bonne-Fontaine et de Tsouatsau-dessus. Les couches néocomiennes plongent rapidement les unes contre les autres et ce n'est que sur une largeur de trois ou quatre mètres, à la jonction même des couches, que celles-ci sont bouleversées.

Du côté oriental, la structure du pied de la montagne est différente; au-dessous des couches jurassiques à posidonomyes qui se voient à Belle-Chaux, au Mifory, à Tsouatsau-dessous, on observe les terrains suivants : *r* calcaires rhétiques très-inclinés, plongeant sous le Moléson, *d* dolomie triasique, *c* cargneule, *d* nouvelle couche de dolomie, *r* nouvelles couches rhétiques. C'est une voûte rompue jusqu'au trias, et qui forme le fond de la vallée entre le massif du Moléson et la chaîne de Verreaux. Une faille a très-probablement fait disparaître les couches jurassiques inférieures du chalet de la Belle-Chaux à celui du Gros-Moléson, et a mis en contact les couches jurassiques à posidonomyes avec les couches rhétiques. Cette faille se prolonge au NE. jusque dans le ravin de l'Erbivue, en face du Petit-Moléson, où les couches jurassiques inféférieures viennent butter contre la cargneule surmontée des couches rhétiques qui forment la rive droite de ce torrent.

Les roches triasiques apparaissent d'une manière continue de la Jouverte-dessous au Gros-Moléson, et disparaissent ensuite sous la petite chaîne du Tzermont. Celle-ci forme une voûte rhétique complète contre laquelle sont plaquées, à l'Est et à l'Ouest, les schistes jurassiques inférieurs très-inclinés, dans lesquels j'ai trouvé l'*Ammonites Murchisonæ*. La cargneule se montre de nouveau aux Crosets et au chalet de la Pétève, et forme une zone tria-

sique qui s'étend jusque dans la vallée de la Sarine près d'Enney.

La vallée de l'Erbivue, située sur le prolongement septentrional de la chaîne du Moléson, est presque entièrement creusée dans le terrain jurassique inférieur formé de calcaires marneux et schisteux foncés renfermant les *Ammonites opalinus, tatricus, Murchisonæ*, etc.

Du côté du SO., les couches rhétiques se referment au-dessus de la cargneule et forment un vaste plateau coupé de profonds ravins et occupé par les pâturages du Creux-Gindroz, du Bevry, du Pralet, des Grevalets, de la Borbintze et de la Cagne. Lorsqu'on suit le chemin qui longe la Veveyse de Fégires en la remontant, on trouve au-dessous de la Cagne une voûte complète du terrain triasique supérieur : la cargneule est recouverte des deux côtés de calcaires dolomitiques et de marnes rouges, puis des calcaires rhétiques. Au-dessous de ce point, dans le lit de la Veveyse, la coupe est encore plus complète, et présente la succession de terrains suivante :

Marnes et calcaires feuilletés du lias supérieur, de couleur foncée où l'*Ammonites radians* est très-abondante.

Calcaires rhétiques en bancs minces, très-puissants.

Cargneule et dolomie triasiques.

Calcaires rhétiques semblables aux précédents.

Toutes ces couches plongent également au SE., et forment par conséquent une voûte déjetée à l'Ouest.

La cargneule et le calcaire dolomitique blanc apparaissent au Pralet, où ils n'ont qu'une faible épaisseur et où ils sont entourés de calcaires rhétiques qui plongent sous les calcaires jurassiques inférieurs de la chaîne des Verreaux. Les calcaires rhétiques sont séparés de la base du

massif du Moléson par les schistes foncés du lias et du terrain jurassique inférieur.

La chaîne des Verreaux. — Cette chaîne, dont les principales sommités dans cette région sont le Vanil-Blanc (1835^m), la Dent de Lys (2015^m), la Cape aux Moines (1944^m), et qui se prolonge au Sud par la Dent de Jaman, est très-escarpée du côté de l'Ouest, où les couches sont toutes coupées perpendiculairement, et s'abaisse doucement du côté de l'Est, où la pente suit à peu près la direction des couches. Le versant occidental et la crête sont presque entièrement jurassiques; le versant oriental est principalement crétacé. Une gorge très-profonde et d'un aspect sauvage, semblable aux cluses du Jura, traverse perpendiculairement cette chaîne en face d'Albeuve. Elle se nomme le col de l'Evi, et donne passage aux eaux de la Marivue qui descend des flancs du Moléson et se jette dans la Sarine.

La chaîne des Verreaux forme un des côtés d'une voûte rompue dont le Moléson forme l'autre côté. J'ai déjà décrit le centre de cette voûte, occupée par la cargneule et les couches rhétiques, qui sont en certains points verticales et plongent ailleurs sous le Moléson. A ces couches succèdent (Pl. III, fig. 2):

ji. Terrain jurassique inférieur, caractérisé par les *Ammonites opalinus, Murchisonæ, tatricus,* etc., et formé de marnes schisteuses assez tendres et de bancs plus calcaires. Ces couches sont disposées en éventail renversé, et plongent à l'Ouest sous les couches rhétiques et à l'Est sous les couches jurassiques d'époque plus récente. Elles se voient dans le ravin de la Marivue sous les Serniaules, et plus haut dans le même ravin; elles passent

au Sud du Gobalet, au-dessus de Salettaz, au Nord de la Jouverte-dessus, au Grand Praz, au Paccot, au Pontelle et au Grand Caudon.

jp. Calcaire à posidonomyes, formant les escarpements de la base de la chaîne des Verreaux ; il est exactement semblable à celui du Moléson, et a une grande épaisseur.

jr. Couches jurassiques rouges : elles se trouvent généralement sur le versant Ouest, sauf quand une dénudation assez profonde de la crête les ramène sur le versant opposé. Elles apparaissent sur le flanc occidental de la Cape aux Moines, sur la crête même de la chaîne au col du Pilat au Nord de cette sommité, dans le haut de la Combe d'Allières ; elles passent dans les escarpements qui dominent les Hugonins, descendent sur le versant Est jusqu'auprès du chalet de Lys, et se prolongent sur le versant Ouest, dans les grands escarpements de la Dent de Lys ; je ne les ai pas vues au col de l'Evi.

js. Calcaires gris à rognons de silex, puissants, très-escarpés, constituant presque partout la crête de la montagne ; ils forment de véritables *lapiés* dans le haut de la Combe d'Allières, en Lurquy près de Cape aux Moines, et en Chenaux au Sud de Lys. La partie supérieure de ce calcaire se termine par des bancs de moins grande épaisseur, régulièrement stratifiés, bréchoïdes et presque dépourvus de silex : ils se voient bien au passage de l'Evi sur Albeuve où ils ont été exploités, et plongent sous les couches néocomiennes pour reparaître à Grandvillars dans la chaîne du Mont-Cray.

n. Calcaires néocomiens ; ils occupent le flanc Est de la chaîne des Verreaux, et arrivent plus ou moins près du sommet, qu'ils atteignent à la Dent de Lys et à la Chérésolettaz : leurs couches sont un peu plus inclinées

que le flanc de la montagne, en sorte que la descente se fait sur des couches de plus en plus récentes. Ces calcaires forment de grands escarpements des deux côtés de la Combe d'Allières et des autres érosions qui découpent la crête de la chaîne.

cr. Schistes marneux rouges, supérieurs au terrain néocomien. Ces couches sont repliées sur elles-mêmes dans la vallée de la Sarine, et bordées des deux côtés par les couches néocomiennes. Elles suivent la vallée jusqu'à Villars-sous-Mont, et se voient alternativement sur l'une ou l'autre rive. A Montbovon même, elles forment les escarpements du bord de la route avant et après le village; mais plus au Sud elles quittent le fond de la vallée pour recouvrir les pentes inférieures de la chaîne des Verreaux. Le chemin, qui va de Montbovon à la Dent de Jaman, est taillé pendant longtemps dans ces couches. Elles passent entre la Cape aux Moines et la Dent de Corjeon, et on en trouve encore un lambeau plaqué contre la pente de la montagne, au-dessus de l'église d'Allières.

La chaîne du Mont-Cray. — Je n'ai pas assez parcouru cette chaîne pour pouvoir en donner une description complète. Elle forme une grande voûte, rompue et dénudée au centre; les flancs de cette voûte sont verticaux, ou plongent même vers l'intérieur de la montagne, qui paraît présenter ainsi une structure en éventail. On peut très-bien se rendre compte de cette disposition dans la vallée de la Sarine, qui coupe transversalement cette chaîne entre Château-d'Œx et Montbovon.

La cargneule se montre au-dessous du chalet de Petzernettaz. Les calcaires rhétiques, semblables à ceux du

du massif du Moléson, accompagnent la cargneule et la recouvrent entièrement dans la vallée de la Sarine à Rossinières. Ils sont flanqués de la série des terrains jurassiques, bordés eux-mêmes par les calcaires néocomiens et les schistes rouges; ces dernières couches forment, comme nous l'avons vu, un fond de bateau dans la vallée de la Sarine, près de Montbovon. Elles se contournent de la même manière près de Château-d'OEx, où elles renferment les couches du flysch repliées sur elles-mêmes.

Au delà des couches néocomiennes verticales de la vallée de la Sarine se voient les couches de calcaire bréchoïde à veines bleuâtres que j'ai déjà indiquées dans la chaîne des Verreaux. Je les ai trouvées sur les bords de la Sarine dans les escarpements de la route, où elles renferment quelques *Aptychus*, (*t*, Pl. III, fig. 2), et au-dessus de Grandvillars où elles sont exploitées; elles contiennent en ce point la *Terebratula Catulloi*, Pict., que je n'ai pu trouver sur aucun autre point[1]. Les calcaires rouges jurassiques se voient sur le versant Est, aux environs de Paray-Dornaz, et renferment de nombreux fossiles. Les couches à posidonomyes présentent une faune remarquable au Mont-Cullan, au-dessus de Rossinières. Des schistes noirs feuilletés, semblables à ceux du massif du Moléson et de la chaîne des Verreaux, sont très-développés dans ces montagnes, et appartiennent probablement en majeure partie au terrain jurassique inférieur. Toutefois je n'y ai pas trouvé de fossiles. Entre ces deux derniers terrains, on observe une roche nouvelle : c'est

[1] Un géologue anglais, M. Tawney, a recueilli le même fossile sur le versant Est de cette chaîne, près des chalets de Paray-Charbon. (Quart. Journal, 1869, tome XXV, p. 305.)

un calcaire très-cristallin, souvent spathique, coloré en gris et en rouge, paraissant renfermer beaucoup de débris d'animaux rayonnés particulièrement de crinoïdes.

En résumé, les premières chaînes des Alpes nous présentent de la plaine à Château-d'Œx : Une première voûte (chaîne du Niremont et des Corbettes), simple ou double, déjetée vers l'Ouest et séparée des chaînes suivantes par une faille; une deuxième voûte rompue jusqu'à la cargneule, et dont la chaîne du Moléson et celle des Verreaux forment les flancs, et une troisième voûte (chaîne du Mont-Cray), bordée des deux côtés par des couches en U, qui la séparent de la chaîne des Verreaux et de celle du Rocher du Midi.

II. ÉTUDE DES TERRAINS.

Formation triasique. — J'ai observé le terrain triasique sur un grand nombre de points : sur les bords de la Veveyse, au-dessous de la Cagne, aux Malliertzon, entre le gros Plané et Montbarry, dans le massif du Tzermont, entre le Gros Mologis et le Gros Moléson, au Pralet et dans la chaîne du Mont-Cray. La cargneule en est la roche dominante. Elle est recouverte d'un calcaire dolomitique d'un gris clair, peu épais, et quelquefois de marnes rouges. Le gypse se montre au-dessus du chalet de la Joux-devant au NO. du Moléson et près des bains de Montbarry, où il est exploité. Ces roches constituent seulement la partie supérieure du terrain triasique, et correspondent probablement à la subdivision que M. A. Favre a appelé, dans sa description de la Savoie, « couche supérieure de cargneule et de gypse, » et « argiles et marnes rouges. »

Formation rhétique. — Elle occupe une étendue beaucoup plus considérable que le terrain triasique; elle forme au SO. du Moléson le massif ondulé du Pralet, des Grévalets, de la Borbintze, et du Creux-Gindroz; elle affleure aux Raschevys, entre le Moléson et la chaîne des Verreaux, où elle borde la cargneule de deux bandes parallèles, dont la plus méridionale se prolonge dans la montagne du Tzermont; une autre zone commence aux Clefs d'en haut, forme la montagne de la Proveytaz, et se termine un peu en avant de Montbarry; on trouve enfin ce même terrain au centre de la chaîne du Mont-Cray, flanquant ou recouvrant la cargneule. Cet étage est formé d'un calcaire cristallin dur, très-foncé, en bancs généralement peu épais et d'un calcaire lumachelle d'un gris plus clair, dans lequel on trouve les fossiles suivants:

Dents (indéterminées). C.[1]

Belemnites sp. Gr.

Ammonites sp. indét. (*A. Sinemuriensis.* Fisch.-Oost., Rhæt. Stufe, p. 17). Coquille pourvue d'une carène simple sur la ligne médiane, et ornée de côtes infléchies en avant, non bifurquées, qui s'atténuent et disparaissent en s'approchant du bord externe. Gr.

Gastéropode voisin de l'échantillon figuré par Quenstedt (Jura, pl. I, fig. 1). P.

Mytilus minutus Goldf. C. M. P.

Avicula contorta Portl. C. Cr. M. P. Pr. R.

Pecten Valoniensis Defr. C.

» *Falgeri* Mer. P.

Plicatula intusstriata Emmr. C. P. Pr.

» *Archiaci* Stop. C. M. P.

» *Beryx* Gieb. C.

[1] J'ai employé pour désigner les localités les abréviations suivantes : C. la Cagne, Cr. Creux-Gindroz, Gr. Grevalets, M. Mologis, P. Pueys, Pr. Pralet, R. Raschevys, Tz. Tzermont.

Ostrea Haidingeriana Emmr. P. Pr.
Placunopsis Schafhautli Winkl. sp. Pr.
Megalodon, sp. C'est peut-être le *M. gryphoides* Ooster, Prot. Helv., 1870, I, p. 20, pl. 3, fig. 1-3. On trouve dans le ravin des Pueys des bancs épais remplis de ce fossile dont le diamètre est au moins de 12 centimètres.
Terebratula gregaria Suess. C. Cr. Gr. M. P. Pr. R. Tz.
Rhabdophyllia langobardica Stop. Tz.

Tous ces fossiles ont été recueillis dans des calcaires reposant normalement sur la cargneule et surmontés en plusieurs points par les couches liasiques; la roche qui les contient est très-différente de celle du flysch. On ne peut donc admettre, comme le croit M. Fischer-Ooster[1], que ces fossiles proviennent de ce dernier terrain.

Cette faune appartient en majeure partie à l'étage rhétique proprement dit, c'est-à-dire à la zone à *Avicula contorta*. Le *Pecten Valoniensis*, l'*Avicula contorta* et la *Terebratula gregaria* en sont les espèces les plus communes et cette dernière forme à elle seule de véritables lumachelles. Ces couches sont la continuation de celles de la Savoie, décrites par M. A. Favre, et de celles des Alpes vaudoises dont M. Renevier a fait une étude très-complète. Elles se prolongent elles-mêmes dans la chaîne du Stockhorn, mais je n'ai pu observer au-dessus d'elles l'infralias proprement dit (étage hettangien de M. Renevier).

Formation secondaire. — Elle occupe la plus grande partie de la région que je décris maintenant et présente de nombreuses subdivisions caractérisées par des faunes et des roches très-diverses.

[1] Die rhætische Stufe der Umgegend von Thun. Mittheil. Bern, 1869, p. 17.

Terrain liasique. — En gravissant le ravin des Pueys, on trouve au-dessus des couches rhétiques un lambeau du *lias inférieur*. C'est le seul point de cette région où il puisse s'observer; encore est-il très-pauvre en fossiles; je n'en connais jusqu'à maintenant qu'une seule espèce :

Ammonites oxynotus Quenst. Cephalop. pl. 5, fig. 11; Jura, p. 102, pl. 13, f. 5-8. Echantillon bien conservé, identique à cette dernière figure. Ce fossile qui se récolte en Souabe dans la partie moyenne des marnes de Balingen, caractérise la partie supérieure du lias inférieur.

On trouve en face des Raschevys, sur le bord de la faille qui sépare le Niremont du massif du Moléson, un calcaire gris-foncé, dur, en bancs épais qui paraît appartenir au *lias moyen*; les bélemnites y sont abondantes. Il renferme les espèces suivantes :

Belemnites sp., du groupe des *Acuarii*, très-voisine du *B. acuarius*, d'Orb., Jur. p. 76, pl. 5.

Belemnites paxillosus Schloth. (*B. Bruguieranus* d'Orb., Jur. p. 84, pl. 7, f. 1-5.

Ammonites fimbriatus Sow., d'Orb., Jur. p. 313, pl. 98. Moule d'un jeune individu semblable à la figure 4 de d'Orbigny, orné de dépressions annulaires à la place où se trouvaient les lames du test.

Grâce à la présence de ces quelques fossiles du lias inférieur et du lias moyen aux Pueys et aux Raschevys, on peut espérer de retrouver ces terrains sur d'autres points de la même région.

Le *lias supérieur* occupe une grande étendue à l'Ouest du Moléson. On le trouve en contact avec les couches rhétiques, dans la Veveyse de Fégires au-dessous de Ciergne-au-Boucle; c'est un calcaire marneux feuilleté,

de couleur foncée, dans lequel l'*A. radians* Schloth. est très-abondant. Il disparaît plus au Nord sous le terrain glaciaire, mais on le retrouve au Rosali et on peut le suivre de là jusqu'au Cheval-Brûlé. Dans le ravin des Pueys, il a fourni les espèces suivantes :

Belemnites, plusieurs espèces.
Ammonites annulatus Sow.
» *Thouarsensis* d'Orb.
» *serpentinus* d'Orb.
» *Cornucopiæ* Y. et Bird.
» du groupe des *Heterophylli*.
Posidonomya Bronni Quenst.

Mais le gisement des fossiles le plus remarquable est situé dans le ravin qui descend du Villaz, au milieu des pâturages de Teysachaux. Les fossiles[1] y sont bien conservés, très-abondants et se recueillent dans des calcaires marneux feuilletés, gris et rougeâtres. Ce sont :

Ichtyosaurus. Grand reptile de 230 centim. de long, médiocrement conservé, décrit par M. Fischer-Ooster (Protoz. helv. II, p. 73, pl. 13, 14) et déterminé par lui sous le nom de *I. tenuirostris* Conyb.
Poissons. Nombreux débris appartenant aux genres *Dapedius*, *Tetragonolepis*, *Eugnatus*, *Leptolepis* et *Macropoma* ; ils paraissent identiques à ceux de Boll.
Eryon Hartmanni H. v. Meyer.
Loliginites Bollensis Ziet. sp.
Belemnites acuarius Schloth.
Belemnites sp., voisine de *B. paxillosus* Schloth.
Nautilus inornatus d'Orb. Échantillon déformé.
Ammonites cornucopiæ Young et B.; d'Orb., Jur. p. 316, pl. 99, f. 1-3. Échantillons identiques à ceux du lias supérieur de Balingen et de Boll figurés sous le nom de *A. fimbriatus*

[1] M. Fischer-Ooster a déjà donné une liste des fossiles de ce gisement. (Mittheil. Bern, 1869, p. 185.)

par Zieten (Wurtemb., p. 16, pl. 12, f. 1) et par Quenstedt (Jura, p. 256, pl. 36, f. 6).

Ammonites serpentinus Rein. Cette espèce est représentée par une nombreuse série d'échantillons présentant quelques variations dans les sinuosités des côtes et identiques aux types figurés par d'Orbigny (Jur. p. 215, pl. 55) et par Quenstedt (Jura, p. 249, pl. 35, f. 5).

Ammonites Thouarsensis d'Orb., Jur., p. 222, pl. 57. (*A. serpentinus* Ziet., Wurtemb., p. 16, pl. 12, f. 4.)

Ammonites subplanatus Opp., Juraform., p. 244. (*A. complanatus* d'Orb., Jur., p. 353, pl. 114.) Échantillons semblables à ceux de la Verpillière.

Ammonites Desplacei d'Orb., Jur., p. 334, pl. 107. Deux bons échantillons semblables à la figure citée.

Ammonites annulatus Sow.; d'Orb., Jur., p. 265, pl. 76, f. 1, 2. Espèce abondante, se distinguant bien de l'*A. communis* Sow. par des côtes plus fines et beaucoup plus rapprochées, dont les unes sont simples et les autres bifurquées.

Ammonites nov. sp., du groupe des *Phylloceras*, voisine de l'*A. heterophyllus* Sow., mais s'en distinguant par des stries droites et toutes égales et par la présence sur le moule de sillons un peu coudés à l'ombilic où ils sont profonds, droits et dirigés un peu en avant sur le reste de leur parcours où ils deviennent très-larges. Ombilic presque nul.

Aptychus lythensis de Buch. Quenstedt, Jura, p. 248, pl. 35, f. 5.

Pholadomya sp. (*Ph. decorata* Fisch.-Oost.)

Solemya Voltzi Rœm.

Pecten sp. (*P. tumidus* Fisch.-Oost.)

Lima sp.

Pinna sp. (*P. Hartmanni.* Fisch.-Oost.)

Inoceramus undulatus Ziet.

Posidonomya Bronni Voltz; Zieten, Wurtemb., pl. 72, f. 4.

Cette faune appartient à la partie inférieure du lias supérieur ou étage thoarcien de d'Orbigny, c'est-à-dire à l'horizon appelé par Oppel zone de la *Posidonomya Bronni*. Elle est identique à celle du lias supérieur de

France, d'Angleterre et de Wurtemberg, et a en particulier de grandes analogies avec celle du lias de la Verpillière (Isère), de la Normandie, de Wightby (Yorkshire) et de Boll en Allemagne. Les nombreux débris de poissons et de sauriens qu'on trouve dans ces couches augmentent encore cette ressemblance.

On voit au milieu des couches précédentes un calcaire marneux, rempli de petits fossiles, particulièrement de gastéropodes, dont je n'ai pu déterminer aucune espèce; sa couleur d'un gris foncé et l'odeur qu'il dégage au choc du marteau rappellent tout à fait le *Stinkstein* décrit par Quenstedt[1] dans le lias supérieur de la Souabe.

Terrains oolitiques inférieur et moyen. — La série des terrains oolitiques commence par des marnes compactes ou feuilletées qui passent souvent à de véritables schistes; elles sont de couleur foncée et ont une teinte bleuâtre; les bancs compactes intercalés sont jaunâtres à l'extérieur et d'un gris-bleu foncé à l'intérieur; ils rappellent les *fleckenmergel* (marnes tachetées) de la Bavière. Ces couches sont puissantes; elles occupent la plus grande partie de la vallée de l'Erbivue où elles reposent sur les couches rhétiques. De l'autre côté de la voûte rhétique du Tzermont et de la vallée de la Marivue, elles sont très-inclinées et plongent sous les calcaires jurassiques moyens de la chaîne des Verreaux; on les voit en Laurensaz, au-dessous de Cernioz dans le lit de la Marivue, etc.; elles forment ainsi une zone qui se prolonge le long du pied de la chaîne des Verreaux. Les gisements les plus fossilifères sont sur la rive gauche de l'Erbivue à une demi-heure au-dessus de Gruyères,

[1] Der Jura, 1858, p. 207.

dans la Marivue près de Cernioz, au Pontelle sous Chérésaulaz et au Grand Caudon. J'ai recueilli les espèces suivantes :

Belemnites sp.

Ammonites Aalensis Ziet., Wurtemb. pl. 28, f. 3. Espèce commune ; les échantillons sont identiques aux figures données par d'Orbigny. Cette espèce se trouve généralement dans le terrain liasique supérieur. Toutefois Oppel (Juraform., p. 248) a déjà signalé son association avec l'*A. opalinus* dans l'oolite inférieure.

Ammonites opalinus v. Mand. (*A. primordialis* Zieten, Wurtemb., pl. 4, f. 4; d'Orbigny, Jur., p. 235, pl. 62. Espèce commune. Elle commence à la limite du terrain liasique et du terrain jurassique avec l'*A. torulosus*.

Ammonites Murchisonæ Sow. d'Orbigny, Jur., p. 367, pl. 120. Nombreux échantillons bien caractérisés.

Ammonites tatricus Pusch, Polens Pal. p. 158, pl. 13, f. 11. Zittel, Jahrb. K. K. Geol. Reichsanst., XIX, p. 61, pl. 1, f. 1-3; non d'Orbigny. La description et les figures données par M. Zittel ne laissent aucun doute sur la détermination de cette espèce. Ce savant a fixé d'une manière précise son horizon géologique et a montré qu'il faut exclure de sa synonymie un grand nombre des citations qui en avaient été faites.

Ammonites Humphriesianus Sow. Je ne puis pas affirmer que cet échantillon provienne de la même couche que les autres. Cependant la roche paraît identique.

Ammonites sp., voisine de l'*A. subplanatus* Opp.

Ammonites sp. du groupe des *Heterophylli*, voisine de l'*A. heterophyllus* Sow.

Ammonites sp., du groupe des *fimbriati*, fragment d'un grand échantillon, différant par ses ornements de l'*A. cornucopiæ*, Young et B.

Ammonites. Deux espèces nouvelles.

Inoceramus cf. *fuscus* Quenst.

Posidonomya. Cette petite espèce est peut-être la *P. Suessi* Opp. qui m'est inconnue.

Zoophycos scoparius Thioll. sp. Dumortier, Bull. Soc. géol.

XVIII, p. 579, pl. 12, f. 1, 2. Ooster, Prot. helv., I, p. 31, pl. 9, pl. 10, f. 1. Cette espèce, très-répandue dans les Alpes suisses, paraît avoir commencé dans les couches liasiques supérieures; elle est commune dans le terrain que je décris maintenant ; mais on la trouve aussi dans les couches supérieures à celles-ci avec l'*A. Humphriesianus*. Ce fossile se trouve en grande abondance dans le bassin du Rhône, associé à l'*A. Murchisonæ*, l'*Inoceramus fuscus* Quenst. etc., dans le calcaire à fucoïdes supérieur aux couches à *A. opalinus*.

Cette faune a été entièrement recueillie dans la Marivue; les autres gisements que j'ai cités plus haut sont moins riches en fossiles, mais renferment presque tous les espèces suivantes:

Ammonites Aalensis,
» *opalinus*,
» *Murchisonæ*,
» *tatricus*,
Posidonomya,
Inoceramus fuscus,
Zoophycos scoparius.

Ce terrain s'étend probablement sur le versant occidental du Moléson; mais je n'ai pas encore pu y constater sa présence. Les couches jurassiques supérieures au lias les plus anciennes que j'y ai observées, se trouvent au pied même de la pyramide du Moléson, entre le Gros-Plané et le Villaz. Ce sont des marnes feuilletées tendres, riches en géodes brunes de pyrite de fer, qui renferment parfois des fossiles. Ce sont :

Ammonites Murchisonæ.
Ammonites sp., du groupe des *Heterophylli*.
Posidonomya sp., identique à celle des couches à *A. opalinus*.

Ce terrain est-il l'équivalent des couches précédentes ou est-il d'époque un peu plus récente ? Il faudrait, pour résoudre cette question, trouver dans ce dernier gisement une faune plus complète. On peut toutefois regarder ces

couches comme formant avec les précédentes le terrain oolitique inférieur.

Celui-ci a déjà été reconnu sur plusieurs points de la chaîne des Alpes : En Savoie, M. Alphonse Favre [1] a signalé des schistes argileux dont le dépôt est évidemment de la même époque ; ils renferment, au col de la Madeleine les fossiles suivants : *Ammonites Murchisonæ, scissus,* cf. *opalinus, Sowerbyi, Posidonomya* sp. et au mont Joli les *Ammonites Murchisonæ* et *scissus.*

Dans le canton de Glaris, M. Escher de la Linth et M. Bachmann [2] ont reconnu près de Mols dans la vallée du lac de Wallenstadt, des schistes noirs contenant l'*A. opalinus* et la *Posidonomya Suessi* Opp.

Sur les bords du lac de Guarda dans le Tyrol méridional, l'oolite inférieure [3] du cap San Vigilio a fourni un grand nombre d'ammonites parmi lesquelles se trouvent les *Ammonites opalinus, Murchisonæ, scissus, fallax,* etc.

M. Zittel [4] a trouvé au Monte-Nerone et au Furlo dans les Apennins des calcaires jaunâtres qui renferment une faune identique.

Enfin, le même savant [5] a décrit des couches jurassiques découvertes par Hohenegger dans le Tatra, à Zaskale près de Zaflary. Ce sont des calcaires marneux gris, identiques au *fleckenmergel* liasique des Alpes bavaroises, et recouverts de marnes foncées, abondantes en nodules et en géodes pyriteuses. Parmi les fossiles des couches inférieures, on remarque les *Ammonites opalinus,*

[1] Recherches géologiques, III, p. 233 et 164.
[2] Die Juraformation im Kanton Glarus. Mittheil. Bern. 1863, p. 149.
[3] Benecke, Geogn. pal. Beiträge, I, p. 111. Waagen, Id., I, p. 559.
[4] Benecke, Geogn. pal. Beiträge, 1869, II, p. 137.
[5] Zittel, Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1869, XIX, p. 60.

fonticola, Aalensis, Murchisonæ, scissus, tatricus, connectens, ultramontanus, et parmi ceux des couches supérieures, les *Ammonites Murchisonæ, Brocchii, tatricus, connectens, ultramontanus* et la *Posidonomya Suessi.* Ces couches rappellent singulièrement celles que je viens de décrire; M. Zittel rapporte l'horizon inférieur à la zone de l'*A. opalinus,* tandis que le supérieur appartient, d'après lui, à la zone de l'*A. Murchisonæ.* Mais ces deux faunes ont entre elles un grand nombre d'espèces communes qui rend leur distinction difficile.

La plupart des gisements que je viens d'énumérer présentent l'association des *A. opalinus* et *Murchisonæ*[1]. C'est là une preuve nouvelle du fait constaté déjà par divers observateurs, que des zones fossilifères, nettement séparées en dehors des Alpes, se confondent plus ou moins dans l'intérieur de cette chaîne.

Au-dessus des schistes noirs à *A. tatricus* et des marnes à rognons pyriteux, se trouve une formation puissante de calcaires marneux et de marnes schisteuses de couleur rougeâtre. Ces calcaires, en bancs d'un à deux pieds d'épaisseur, sont assez durs, un peu schisteux, et les fossiles qui y sont abondants s'en détachent facilement. La roche est du reste très-homogène dans toute son épaisseur. Ce terrain est très-développé dans le massif du Moléson et la chaîne des Verreaux, et il se trouve aussi dans la chaîne du Mont-Cray au Mont-Cullan, au-dessus de Rossinières. Les localités indiquées dans le tableau suivant sont les plus riches en fossiles et se trouvent toutes dans ces montagnes.

[1] M. Waagen a déjà fait remarquer l'association de ces espèces. Benecke, Geogn. pal. Beitr., 1868, I, p. 556.

Noms des espèces.	Moléson.	Chaîne des Verreaux: Saletlaz.	Chaîne des Verreaux: Dent de Lys.	Chaîne des Verreaux: Chérésaulletaz[1]	Chaîne des Verreaux: Grand Caudon.	Mt Cullan.
Belemnites hastatus d'Orb.	+	..	..	+	..	+
canaliculatus Schl.	..	..	..	+	..	..
Ammonites Kudernatschi Hau	+	..	+	..	+	..
subobtusus Kud.	+	..	+	+	..	+
Eudesianus d'Orb.	..	..	+	+	..	..
rectelobatus Hau	..	..	..	..	+	+
Humphriesianus Sow.	..	..	+	+	..	+
ooliticus d'Orb.	+	..	+	+	..	..
Martinsi d'Orb.	+	..	+	+	..	+
dimorphus d'Orb.	..	..	..	..	..	+
polymorphus d'Orb.	..	..	..	..	+	..
discus Sow.	..	+	+	..	..	..
Bakeriæ d'Orb.	+	+	+	+	..	..
tripartitus d'Orb.	+	+	+	+	+	..
Puschi Opp.[2]	+	+	+	+	..	+
viator d'Orb.	..	+	..	+	+	+
Zignodianus d'Orb.	..	..	+	+	..	+
hecticus Hartm.	+	..	+	+	+	..
lunula Ziet.	..	..	..	+	..	..
Adelæ d'Orb.	..	..	+	+	+	+
Hommairei d'Orb.	+	..	+	+	..	..
anceps d'Orb.	..	+	+	+	+	+
coronatus d'Orb.	..	..	..	+	+	..
Posidonomya alpina Gras.	+	..	+	+	+	..
ornati Quenst.	+	..	+	+	..	..

Je ne puis affirmer d'une manière absolue l'association de tous ces fossiles qui paraissent, au premier abord, appartenir à des terrains assez différents; car les couches forment généralement des escarpements abrupts dans lesquels il est difficile de recueillir des fossiles en

[1] J'ai réuni à ce gisement celui des Hugonins.

[2] Paleont. Mittheil., I, p. 216. *A. tatricus* d'Orb. pl. 180, non Pusch.

place. Toutefois j'ai trouvé réunis dans la même couche au Grand-Teysachaux, au pied du Moléson : les *Ammonites Humphriesianus, subobtusus, tripartitus, Puschi* et cf. *viator*, et en Cerniaules dans la Marivue, les *Ammonites polymorphus, Puschi* et *tripartitus.* Au Grand-Caudon, la *Posidonomya alpina* Gr. se recueille immédiatement au-dessus des couches jurassiques inférieures, et au-dessous des *Ammonites rectelobatus et Kudernatschi.* Or, cette espèce se trouve dans le département de l'Isère[1] avec les *Ammonites lunula, coronatus* et *Puschi.*

Du reste, ces exemples ne sont pas nouveaux : en 1850, M. F.-J. Pictet[2] signalait déjà des faits de même nature dans la chaîne du Stockhorn, sur le prolongement de ces mêmes couches, et constatait la réunion dans un même bloc, de l'*A. Parkinsoni* avec l'*A. Puschi* et de l'*A. Humphriesianus* avec l'*A. tripartitus.* Plus tard, en 1857, M. Brunner[3] indiquait dans la même chaîne l'association des *Ammonites Parkinsoni, Humphriesianus* et *Deslongchampsi* avec les *A. Puschi, viator, Zignodianus* et *tripartitus.* « J'ai mis, dit ce savant, un soin tout parti-« culier à l'étude de cette question, et il ne me reste pas « le moindre doute soit sur la détermination des espèces, « soit sur leur association. » En dehors de cette région, M. A. Favre[4] a signalé en Savoie, au Leucon près de St.-Gingolf, les *Ammonites Humphriesianus, linguiferus, tripartitus* et la *Posidonomya alpina.*

Toutefois je pense que l'association de toutes ces es-

[1] A. Gras, Catalogue des corps organisés fossiles qui se rencontrent dans le département de l'Isère, 1852.

[2] Archives des Sciences phys. et natur., XV, p. 183.

[3] Geognostische Beschreibung der Gebirgsmasse des Stockhorns. Mém. de la Soc. helv. des Sc. natur., XV, p. 10.

[4] Recherches géologiques, II, p. 83.

pèces demande une étude plus complète pour être établie d'une manière définitive. Il est fort possible que le *Belemnites hastatus* et les *Ammonites Zignodianus, hecticus, lunula, Adelæ, Hommairei, anceps* et *coronatus* forment une faune spéciale plus récente que celle des autres fossiles cités dans le tableau.

Ces derniers ont été trouvés depuis longtemps dans diverses parties de la chaîne des Alpes. Dès 1853, M. de Hauer [1] les a signalés dans les Alpes autrichiennes, et a nommé les couches qui les renferment couches de Klaus, du nom de la Klaus-Alp, près de Hallstatt. Oppel [2] les a rapportées à la partie supérieure du terrain jurassique inférieur, c'est-à-dire à la zone de l'*A. Parkinsoni*, en constatant qu'elles renferment aussi des espèces appartenant à la grande oolite. Il a reconnu la grande étendue de cet horizon, qu'il nomme *couches à posidonomyes*, et il cite comme les gisements les plus remarquables la Klaus-Alp, la Mitterwand (Tyrol septentrional) et Brentonico [3] (Tyrol méridional). Les fossiles qu'il regarde comme caractéristiques sont les *Ammonites Kudernatschi, subobtusus, Eudesianus, subradiatus, recteloba-tus, Martinsi*, l'*Ancyloceras annulatus*, la *Posidonomya alpina* et grand nombre d'espèces de brachiopodes. Ces derniers font défaut dans les Alpes de Fribourg ; l'*Ancyloceras annulatus* qui y manque aussi, se retrouve au

[1] Ueber die Gliederung der Trias- Lias- und Juragebilde in den Nordöstlichen Alpen. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst. 1853, IV, p. 764.

[2] Ueber die weissen und rothen Kalken von Vils in Tyrol. Wurtemberg. naturw. Jahresh. XVII. — Ueber das Vorkommen von jurassischen Posidonomyen-Gesteinen in den Alpen. Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 1863.

[3] Voyez sur cette localité : Benecke, Geogn. pal. Beiträge, I, p. 114.

même horizon dans le massif du Stockhorn, où il est cité par M. Brunner. M. Studer [1] et M. Bachmann [2] ont reconnu de nombreux fossiles, appartenant au même horizon, dans les Alpes des cantons de Berne et de Glaris.

TERRAIN OOLITIQUE SUPÉRIEUR. — Il présente des caractères très-différents, suivant qu'on l'examine dans la chaîne du Niremont, ou dans les massifs du Moléson et des Verreaux. Je commencerai par le décrire dans cette dernière région.

a. Le Moléson et la chaîne des Verreaux. Sur les couches à posidonomyes se trouve un calcaire rouge, dur, difficile à attaquer au marteau, quoiqu'il se délite assez facilement à la surface. Sa structure en rognons rappelle beaucoup celle de certaines parties du calcaire des environs de Châtel-Saint-Denis. Il est surmonté de bancs plus schisteux de la même couleur, et d'un calcaire gris en rognons ; son épaisseur maximum est de 20 à 30 pieds. On le trouve aussi sur le versant oriental de la chaîne du Mont-Cray, dans le pâturage de Paray-Dornaz.

La faune renfermée dans ce calcaire a été encore peu étudiée [3]. Les échantillons sont difficiles à extraire, et généralement dépourvus de leur test. Voici la liste des espèces que j'ai examinées :

1. Dents de Poissons. J'ai trouvé sur divers points de petites dents de poissons que je n'ai pu déterminer. M. Fischer-Ooster cite le *Sphenodus longidens* Ag. au Mifory (Moléson) et à la Combe d'Allières.

[1] Geologie der Schweiz, II, p. 44, 46.
[2] Mittheil. Bern, 1863, p. 155, 167.
[3] M. Fischer-Ooster a donné le catalogue des espèces que possède le musée de Berne. Protoz. helv., 1869, I, p. 10.

2. *Belemnites hastatus* Blainv. Espèce très-commune et atteignant de grandes dimensions.
3. *Belemnites Didayianus* d'Orb. Espèce rare.
4. *Belemnites Sauvanausus* d'Orb.
5. *Ammonites tortisulcatus* d'Orb. Echantillons de petite taille, très-abondants dans la plupart des gisements.
6. *Ammonites* cf. *Manfredi* Opp. Moule correspondant très-bien aux figures d'Oppel pour la forme de la coquille et des sillons; les stries ne sont pas visibles.
7. *Ammonites Arduennensis* d'Orb. Plusieurs échantillons, bien caractérisés. Il faut rapporter à cette espèce l'*A. Toucasianus* signalé avec doute par M. Fischer-Ooster à Trémettaz. L'épaisseur de la coquille au pourtour de l'ombilic est beaucoup moins grande et les côtes sont beaucoup moins infléchies en arrière que dans cette dernière espèce ; les flancs sont plus aplatis.
8. *Ammonites perarmatus* d'Orb. Grand échantillon plus renflé que ne le représente la planche 184 de d'Orbigny, mais de forme et d'ornementation identiques.
9. *Ammonites* sp. du groupe des *perarmati*, et très-voisine de la précédente ; elle en diffère par la disparition des tubercules ombilicaux à un âge peu avancé et par la forme arrondie des tours du côté de l'ombilic. Cette espèce se trouve aussi aux Voirons.
10. *Ammonites plicatilis* d'Orb. Échantillon identique à d'Orb., Jur., pl. 192, f. 3.
11. *Ammonites Martelli* Opp. (*A. plicatilis* d'Orb. pl. 191).
12. *Ammonites*. Plusieurs autres espèces du groupe des *Planulati*.
13. *Ammonites* indéterminées, du groupe des *Phylloceras*.
14. *Ammonites* sp. du groupe de l'*A. Adelæ* d'Orb., se distinguant de cette espèce par la présence de distance en distance de sillons infléchis en avant.
15. *Aptychus latus* Voltz.
16. *Aptychus imbricatus*, H. de Mey.
17. *Inoceramus Oosteri* E. Favre. *Inoceramus Brunneri* Oost. Protoz. Helv., I, p. 38, pl. 13, f. 7-14, non p. 1,

pl. 1, f. 1-5, pl. 2, f. 1. M. Ooster a donné le même nom à l'inocérame des couches rouges de la Simmenfluh près de Wimmis et à celui des calcaires rouges que je décris ici. Le premier est généralement mal conservé et a été figuré d'une manière insuffisante ; rien ne prouve son identité avec l'espèce des couches jurassiques. Je crois donc utile de distinguer ces deux inocérames, et comme celui des couches de la Simmenfluh a la priorité de nom, je désigne l'espèce jurassique qui est bien définie et dont M. Ooster a donné de bonnes figures sous le nom de *I. Oosteri*.

18. *Terebratula* sp. du groupe des *nucleati* (*T. nucleata* Fisch.-Oost.). Je ne crois pas qu'on puisse affirmer l'identité de cet échantillon avec cette dernière espèce.

19. *Rhynchonella* sp. (*Rhynch. lacunosa, multistriata* Fisch-Oost.)

20. *Collyrites Friburgensis* Oost. Un bon échantillon de cette espèce a été trouvé à Trémettaz. Deux *Collyrites* mal conservés proviennent du Mifory et de Paray-Dornaz. Ils appartiennent probablement à la même espèce.

M. Fischer-Ooster signale encore un *Apiocrinus* trouvé à la Combe d'Allières qu'il rapporte avec doute à l'*A. impressus* Qu. et un *Tragos* (?) trouvé aux Hugonins.

Le tableau suivant indique les localités où ont été trouvés ces fossiles.

(*Voir le tableau suivant.*)

Plusieurs de ces espèces ont été aussi recueillies dans les calcaires de Châtel-Saint-Denis et des Voirons. Ces couches rouges correspondent probablement à la partie inférieure du terrain jurassique de ces localités, et on peut les rapporter avec assez d'exactitude aux couches de Birminsdorf ou à la zone de l'*Ammonites transversarius*. Du reste, ce n'est pas la première fois que de grands inocérames sont cités dans les terrains jurassiques ; M. Traut-

	Noms des espèces.	Trémeltaz.	Mifory.	Hugonins.	Dent de Lys.	Combe d'Allières.	Paray-Dornaz.
1.	Dents de Poissons	..	+	..	..	+	..
2.	Belemnites hastatus	+	+	+	+	+	+
3.	Didayianus	..	..	..	..	..	+
4.	Sauvanausus	?	..	+	..	?	+
5.	Ammonites tortisulcatus	+	+	..	+	+	+
6.	cf. Manfredi	..	..	..	..	+	+
7.	Arduennensis	+	+	..	..	+	+
8.	perarmatus	+	..	..	..	..	..
9.	(groupe des perarmati)	..	..	..	..	..	+
10.	plicatilis	..	..	..	..	+	..
11.	Martelli	..	..	..	..	+	+
12.	(groupe des planulati)	+	+	..	..	+	+
13.	(groupe des Phylloceras)	+	..	+	..	..	..
14.	voisine de l'A. Adelæ	+	..	..	..	..	+
15.	Aptychus latus	..	..	..	..	+	..
16.	imbricatus	+	+	..	..	+	+
17.	Inoceramus Oosteri	+	+	..	..	+	..
18.	Terebratula sp.	..	?	..	..	..	..
19.	Rhynchonella sp.	+	..	+	..	..	..
20.	Collyrites Friburgensis	+	?	..	..	..	?

schold[1] en particulier en a signalé dans des marnes aux environs de Ssimbirsk en Russie, où ils sont associés aux *Ammonites polyplocus* et *coronatus.*

Des calcaires d'un gris clair, en bancs de deux à quatre mètres d'épaisseur et renfermant des silex en lits ou en rognons, surmontent les couches rouges; ils sont très-durs, ne se décomposent pas à l'air, mais sont corrodés et découpés par les eaux dans le sens de la plus grande pente. Ils forment des masses puissantes et de hauts escarpements dans les deux chaînes que je décris maintenant.

[1] Der Inoceramen-Thon von Ssimbirsk. Moscou, 1864.

La Marivue les traverse sur toute leur épaisseur dans la gorge de l'Evi au-dessus d'Albeuve. Les restes organiques y sont rares et je n'ai pu y trouver que quelques fragments de bélemnites, une ammonite de caractère jurassique du groupe des *planulati* et des *Aptychus* rarement déterminables, sauf un bel échantillon d'*A. imbricatus* provenant de Téjatzaux. Il y a cependant, dans l'épaisseur de ces calcaires, une couche riche en fossiles dont je n'ai pu malheureusement constater la position exacte. C'est un banc de deux à trois pouces d'épaisseur, de calcaire siliceux dont la surface de couleur rougeâtre est formée d'une agglomération de petits rognons. Il se trouve toujours à une grande hauteur dans les escarpements, et la présence de blocs qui en proviennent sur le versant oriental de la chaîne des Verreaux à Chenau, près du col de Lys, indique qu'il est situé dans la partie moyenne ou supérieure des calcaires gris. Il se trouve aussi au-dessus des Hugonins, mais je ne l'ai pas encore reconnu dans la chaîne du Moléson.

Sa faune, peu variée, paraît appartenir à l'étage jurassique supérieur ou du moins à la partie supérieure du calcaire de Châtel. Elle se compose des espèces suivantes :

Belemnites cf. *hastatus* d'Orb.
Rhynchoteuthis, plusieurs espèces.
Aptychus latus Voltz.
» *imbricatus* H. de Meyer.
Terebratula sp. du groupe des *nucleati*.

Dans la chaîne des Verreaux et dans celle du Mont-Cray, on remarque, à la partie supérieure des calcaires gris, des bancs très-droits de un à deux pieds d'épaisseur, d'un calcaire dur, bréchoïde, mat, à veines bleuâ-

tres, en rognons à la surface et donnant un assez beau marbre. Ils ont un développement particulièrement remarquable dans la chaîne du Mont-Cray à Grandvillars où ils sont exploités. Je les ai revus dans la même chaîne sur la route de Montbovon à Château-d'Œx, près de la frontière des cantons de Fribourg et de Vaud et dans la chaîne des Verreaux au passage de l'Evi où ils ont été anciennement l'objet d'une exploitation.

Ils renferment les espèces suivantes qui sont mal conservées, sauf les *Aptychus* et les térébratules :

Belemnites, trouvées dans ces trois localités.

Ammonites sp. du groupe des *planulati*. L'ombilic est grand ; les tours sont étroits, ornés de côtes rayonnantes droites et bifurquées sur la région externe. — Grandvillars.

Ammonites sp. du groupe des *planulati*. Tours assez larges ornés de côtes peu saillantes très-infléchies en avant sur la région externe. Cette espèce paraît très-voisine de l'*A. Richteri* Opp. (Zittel, Paleont. Mitth. II, pl. 20, f. 9). — Grandvillars.

Aptychus latus Voltz. — dans les trois localités.

» *imbricatus* H. de Mey. — id.

Ces deux espèces sont représentées par de grands et beaux échantillons identiques à ceux de Châtel et des Voirons.

Terebratula Catulloi Pict. (*T. diphya* auct. partim). Neuf échantillons très-bien conservés. — Grandvillars. D'après une note de M. Tawney[1], la *T. diphya* se trouve sur le versant oriental de la chaîne du Mont-Cray, dans le voisinage de Paray-Charbon. C'est probablement la même espèce dont il s'agit ici.

Ces roches sont recouvertes de calcaires néocomiens.

b. Le Niremont et les Corbettes. — Les calcaires jurassiques apparaissent aux environs de Châtel-Saint-Denis au milieu des couches néocomiennes, surmontées elles-

[1] Quarterly Journal, 1869, XXV, p. 305.

mêmes par les couches éocènes du flysch. Ce sont des calcaires gris, puissants, dont certaines parties sont compactes et les autres en rognons. J'ai déjà indiqué au commencement de ce travail la disposition des couches de ce terrain ; je ne reviendrai donc pas sur ce sujet.

L'époque du dépôt de ces calcaires a déjà été l'objet de plusieurs discussions ; les fossiles y sont abondants dans certaines localités, mais ont presque toujours été recueillis par des collecteurs qui n'ont pas distingué les divers horizons dont ces calcaires sont les représentants [1]. M. Ooster en a décrit une partie. Voici la liste des espèces que j'ai pu examiner moi-même :

Belemnites hastatus Blainv.
» *Didayanus* d'Orb.
» *Sauvanausus* d'Orb.
Rhynchoteuthis, plusieurs espèces.
Ammonites Zignodianus d'Orb.
» *tortisulcatus* d'Orb., très-abondante.
» *Babeanus* d'Orb.
» *Arolicus* Opp.
» *bimammatus* Quenst. Identique à Quenstedt, Jura, p. 616, pl. 76, f. 9.
» *flexuosus* Munst. Échantillon identique à *A. flexuosus costatus* Quenst., Jura, p. 618, pl. 76, f. 15, et aux échantillons provenant des Voirons et de Lémenc.
» *Constanti* d'Orb.
» *Collinii* Opp.
» *iphicerus* Opp.
» *acanthicus* Opp. Nombreux échantillons bien conservés.

[1] On y a même signalé des mélanges de fossiles jurassiques et néocomiens qui paraissent en effet confirmés par l'identité de la roche, mais qui sont difficiles à admettre tant qu'on n'a pas recueilli soi-même les échantillons en place.

Ammonites ptychoicus Quenst.
» *planulati*. Nombreuses espèces identiques à celles des Voirons.
» du groupe des *Phylloceras*.
» sp. très-voisine de l'*A. rotundus* Sow. et probablement identique à cette espèce; elle se trouve aussi aux Voirons et à Cabra en Andalousie.
» sp. du groupe des *perarmati* se distinguant de l'*A. perarmatus* par une région externe plus large et plus arrondie; se retrouve aux Voirons.

Aptychus latus Voltz.
» *imbricatus* H. de Mey.

Posidonomya sp.

Inoceramus sp.

Terebratula janitor Pict.
» sp. du groupe des *nucleati*.

Rhabdocidaris herculea Des.

Collyrites Voltzi Oost.
» *Friburgensis* Oost.

Quoique ces espèces soient peu nombreuses, leur présence dans ces couches donne des renseignements qui ne manquent pas d'importance. Elle y indique en effet la présence de divers horizons géologiques depuis les couches oxfordiennes (zone de l'*Amm. transversarius*) jusqu'à la zone de l'*Amm. tenuilobatus*. L'*A. ptychoicus* et la *Terebratula janitor* appartiennent même encore à un horizon supérieur.

Au-dessus de ces calcaires jurassiques et entre ces couches et les couches néocomiennes proprement dites, se trouvent par places les marnes à crinoïdes que j'ai déjà décrites. Leur faune très-abondante n'a pas encore été étudiée, et je n'y ai pas trouvé une seule espèce connue ; elle renferme plusieurs ammonites [1], de petits gas-

[1] L'une d'elle est assez voisine de l'*A. tenuilobatus*, quoiqu'elle ne puisse être confondue avec celle-ci.

téropodes, de nombreux brachiopodes (térébratules et térébratulines), plusieurs espèces d'oursins, enfin une belle série de crinoïdes dont quelques-uns de grandes dimensions. Ces derniers fossiles doivent, semble-t-il, faire ranger ce terrain dans la formation jurassique. Une monographie de cette faune sera d'un grand intérêt pour la science. Les couches qui ont à ma connaissance la plus grande analogie avec celles-ci, se trouvent à Nikolsbourg en Moravie; elles sont situées à la limite des formations jurassique et crétacée et sont aussi très-riches en grands crinoïdes.

Si j'ai classé dans le terrain jurassique diverses formations dont la place, dans la série géologique, est encore discutée, ce n'est pas pour préjuger la question si difficile de la limite des terrains jurassique et crétacé. C'est simplement à cause de l'embarras que j'éprouvais à fixer cette limite. Ainsi, en faisant commencer dans ce travail la série crétacée au terrain néocomien alpin, je ne prétends pas trancher la question, et j'attendrai, pour exprimer une opinion, d'avoir vu dans nos montagnes des coupes plus décisives.

Je me bornerai à faire remarquer la grande variété de faunes et de roches que présentent les terrains dont je m'occupe maintenant. C'est à eux surtout qu'on peut appliquer la remarque faite par M. Gilliéron [1], que les caractères des couches restent semblables parallèlement à la chaîne des Alpes, mais qu'ils changent de nature pour l'observateur qui marche perpendiculairement à cette chaîne. J'ai mis en regard les unes des autres, dans le tableau suivant, trois coupes des formations jurassique su-

[1] Archives des Sciences phys. et natur., XXXVIII, p. 257.

périeure et crétacée prises dans des localités qui ne sont pas très-écartées :

Niremont	Chaine des Verreaux	Wimmis[1]
—	Schistes rouges de la craie	Schistes rouges de la craie
Terrain néocom. alpin	Terrain néocom. alpin	—
Marne à crinoïdes		
Calcaire de Châtel, en rognons, gris, contenant :	Couche à Terebr. Catulloi	Calcaire corallien
la Terebratula janitor	Calcaire gris	à
	à	nérinées et dicérates
l'Amm. acanthicus	Aptychus	Calcaire noir kimméridgien à mytilus et ptérocères.
les Amm. bimammatus et torticsulatus	Calcaires bréchoïdes rouges oxfordiens	Calcaire bréchoïde sans fossiles

Terrain néocomien. — J'ai déjà décrit les contournements de ce terrain dans la montagne du Niremont et dans celle des Corbettes. Il est formé de calcaires schisteux, gris, à cassure mate, en bancs minces alternant avec des lits de marnes feuilletées, et renferme les fossiles suivants recueillis dans le lit de la Veveyse et dans les divers ravins qui sillonnent les flancs de ces montagnes :

Nombreux restes de poissons[2].
Belemnites dilatatus Blainv.
conicus Blainv.
latus Blainv.
pistilliformis Blainv.
Nautilus neocomiensis d'Orb.
Ammonites subfimbriatus d'Orb.
ligatus d'Orb.
difficilis d'Orb.
Thetys d'Orb.

Ammonites Astierianus d'Orb.
Rouyanus d'Orb.
angulicostatus d'Orb.
Mazyleus Coq.
cassida Rasp.
Honnoratianus d'Orb.
Renauxianus d'Orb.
intermedius d'Orb.
pulchellus d'Orb.
Grasianus d'Orb.

[1] Archives des Sciences phys. et natur., XXXVII, pl. 1.

[2] Je ne cite ici que des fossiles que j'ai déterminés moi-même. M. Ooster en donne une liste plus complète dans les Pétrifications remarquables des Alpes suisses.

Ammonites strangulatus d'Orb.
Emerici d'Orb.
Ammonites Jeannoti d'Orb.
Favrei Oost.
Hugii Oost.
Moussoni Oost.
Aptychus angulicostatus Pict. et L.
Didayi Coq.
Ancyloceras Duvalii Lév. sp.
Villersianus d'Orb.
Sabaudianus Pict. et L.
pulcherrimus d' Orb.
Ancyloceras Matheronianus d'Orb.
cinctus d'Orb.
Picteti Oost.
Lardyi Oost.
Ptychoceras Emericianus d'Orb.
Meyrati Oost.
Morloti Oost.
Baculites neocomiensis d'Orb.
Rhynchoteuthis fragilis Pict. et L.
Quenstedti Pict. et L.
Pecten Agassizi Pict. et L.
Terebratula diphyoides d'Orb.

Cette faune appartient au *terrain néocomien alpin* reconnu depuis longtemps déjà dans la chaîne du Stockhorn, aux Voirons, au Môle, dans le Dauphiné, les Basses-Alpes, etc., et qui correspond au *Biancone* de l'Italie septentrionale. La place de cet horizon dans la série des formations a déjà été l'objet de nombreux travaux[1]; je ne m'en occuperai donc pas.

Le même terrain forme le sommet du Moléson et de Trémettaz, mais il ne paraît pas se trouver sur la pointe de Téjatzaux; il repose directement sur les calcaires jurassiques supérieurs et se distingue de loin par des couches minces d'un gris blanchâtre. Il est formé de calcaires marneux assez durs, à cassure mate et blanchâtre, à pâte fine, marquée de taches bleuâtres; les bancs d'environ un pied d'épaisseur sont séparés par des feuillets schisteux et contiennent parfois des rognons de silex. On y trouve les espèces suivantes recueillies soit par M. Gilliéron, soit par moi; quelques-unes se trouvent aussi au musée de Berne :

[1] Voyez surtout les travaux de M. Lory et la Description des fossiles contenus dans le terrain néocomien des Voirons, par F.-J. Pictet et P. de Loriol, 1858.

Belemnites bipartitus Blainv.
pistilliformis Blainv. var. subfusiformis.
Ammonites Astierianus d'Orb.
Malbosi Pict.
subfimbriatus d'Orb.
Crioceras Emerici d'Orb.
Aptychus Didayi Coq.
Mortilleti Pict. et L.
noricus Winkl.
Serranonis Coq.
Terebratula diphyoides d'Orb.

Le terrain néocomien occupe la plus grande partie du versant oriental de la chaîne des Verreaux et plonge sous les calcaires crétacés rouges de la vallée de la Sarine, pour reparaître de l'autre côté en couches verticales qui forment les premiers escarpements de la chaîne du Mont-Cray.

Il recouvre immédiatement le calcaire bréchoïde à *Terebratula Catulloi* et cette dernière roche semble passer insensiblement à la roche néocomienne d'un côté et à la roche jurassique sous-jacente de l'autre. Dans la partie supérieure, les couches diminuent d'épaisseur et deviennent d'un gris plus blanchâtre; les silex y sont plus rares. Cette roche a une grande puissance, mais renferme peu de fossiles. M. Gilliéron cite les *Belemnites pistilliformis* Blainv. et *conicus* Blainv. qu'il a recueillis sur le bord de l'Hongrin entre Montbovon et Allières, et M. Colomb a trouvé dans la Veveyse des fragments de *Crioceras* tombés de la crête de la Chérésolettaz.

Terrain crétacé supérieur. — Au-dessus des calcaires néocomiens se trouvent des calcaires marneux et schisteux rouges, parfois veinés de vert, dans lesquels je n'ai pu trouver aucun fossile. Ils sont en couches verticales dans le fond de la vallée de la Sarine et ils forment là une sorte de fond de bateau bordé des deux côtés par les couches néocomiennes. Ils ont la même position de l'autre côté de la chaîne du Mont-Cray dans la vallée de

la Sarine, près de Château-d'Œx; ils y enveloppent les couches éocènes du flysch. Ils ne se trouvent ni dans la chaîne du Niremont ni dans le massif du Moléson.

Je ne reviendrai pas sur la discussion qu'a provoquée l'âge de ces couches. Elles ont été confondues par plusieurs savants avec les couches rouges oxfordiennes; mais les travaux de M. Bachmann et de M. Gilliéron [1] ont entièrement éclairci la question, et il suffit de jeter un coup d'œil sur les coupes ci-jointes, pour voir que ces deux terrains sont séparés par toute l'épaisseur des calcaires jurassiques supérieurs à silex et des calcaires néocomiens. Ces couches sont donc crétacées. Quant à l'époque à laquelle il faut les rapporter dans cette série de terrains, elle est difficile à fixer à cause du petit nombre des restes organiques qui y sont renfermés. Le fait qu'à Wimmis on les trouve reposant sur des calcaires à faune corallienne, montre qu'elles sont indépendantes du terrain néocomien proprement dit. La présence, dans cette localité, de grands inocérames, semble indiquer que ces couches ont été déposées à l'époque de la craie, ou à celle du calcaire de Seewen, et l'étude faite par M. Th. Studer [2], des foraminifères qui y sont renfermés, vient confirmer cette détermination.

Formation tertiaire. — Le flysch [3] est formé de

[1] M. Gilliéron a résumé cette discussion. D'après lui, ces couches représentent probablement le reste de la formation crétacée supérieure au terrain néocomien. Archives, etc., XXXVIII, p. 266, 286.

[2] Mittheil. Bern, 1869, p. 177. M. Studer a reconnu dans ces foraminifères les mêmes espèces que celles du calcaire de Seewen. Quelques genres auxquels appartiennent ces espèces sont communs aux terrains jurassique et crétacé.

[3] M. Fischer-Ooster a contesté à diverses reprises l'âge du flysch; mais après avoir parcouru moi-même ces montagnes, il m'est impossible de conserver des doutes sur l'époque du dépôt de cette formation.

roches de nature assez diverse : ce sont tantôt des grès fins, durs, en bancs épais, à la surface desquels se voient des formes vermiculaires qui rappellent de grands fucoïdes, tantôt des grès grossiers ou des conglomérats à grains fins, dans lesquels apparaissent parfois des traces charbonneuses, tantôt des marnes feuilletées d'un gris clair, sur lesquelles se dessinent en couleur foncée de nombreux fucoïdes.

La description que j'ai donnée de ces massifs de montagnes, a montré que le flysch y occupe un espace beaucoup moins considérable qu'on ne le croyait d'abord. Un grand nombre de roches diverses avaient été rapportées à cette formation, mais les découvertes successives de fossiles de terrains très-variés, et une étude géologique attentive, en ont beaucoup réduit l'étendue.

Dans la chaîne du Niremont et des Corbettes, où les couches rouges de la craie n'existent pas, le flysch est en contact avec la formation néocomienne qu'il enveloppe de ses replis, et il se trouve dans la même position où M. Favre l'a déjà observé dans la montagne des Voirons[1]. Il se prolonge à l'Est jusqu'au pied du Moléson ; mais il n'existe ni dans cette montagne ni dans la chaîne des Verreaux. On le retrouve près de Château-d'Œx, dans un repli des couches rouges de la craie.

Les montagnes dont je viens de faire l'étude présentent un grand nombre de formations et de faunes successives, depuis le terrain triasique supérieur jusqu'au terrain tertiaire. Malheureusement je n'ai pas pu faire une étude détaillée de ces diverses faunes et les listes que j'ai données des fossiles de cette région sont encore très- incom-

[1] M. Favre a trouvé des nummulites dans cette roche.

plètes. Malgré ces lacunes, qui pourront être comblées successivement par des descriptions paléontologiques, j'espère que ce travail offrira quelque intérêt en expliquant la structure d'une région encore peu étudiée, et en indiquant les diverses faunes qui y ont vécu tour à tour.

Il existe de notables différences entre les dépôts de la première chaîne (celle de la Berra), et ceux des chaînes suivantes. Une étude détaillée de la formation jurassique du Niremont, jointe à une monographie de la faune des couches à crinoïdes, aurait le plus grand intérêt au point de vue de la limite des formations jurassique et crétacée. La présence de l'*Amm. acanthicus* et de la *Terebratula janitor*, dans cette montagne et celle de la *Terebratula Catulloi* dans la chaîne du Mont-Cray, dans une région où on ne trouve ni le calcaire kimméridgien à *Mytilus* ni le calcaire à nérinées et dicérates, sont des documents qui ne manquent pas d'importance.

L'examen successif de ces terrains montre que cette région est étroitement liée, au point de vue paléontologique, avec le reste de la chaîne des Alpes. L'analogie de ces formations avec celles du Tyrol méridional et des Alpes vénitiennes est particulièrement frappante, et leur comparaison avec celles des Alpes orientales ou celles de la Bavière nous fournirait aussi plus d'un rapprochement intéressant. Je me bornerai à comparer dans le tableau suivant la formation secondaire depuis le terrain liasique supérieur, dans la région que j'ai étudiée, avec les dépôts de même époque dans le canton de Glaris et dans le Tyrol méridional. Je me suis servi, pour dresser ce tableau, du mémoire de M. Bachmann, *Ueber die Juraformation im Kanton Glarus* (Mittheil. Bern, 1863, p. 143) et du travail de M. Benecke sur le Tyrol (Benecke, Geogn. Pal. Beitr. 1866, I).

	Alpes de Fribourg. (*Moléson et Verreaux*).		Canton de Glaris.	Tyrol méridional.
Terrain crétacé.	Calcaire marneux rouge sans fossiles.		Calcaire de Seewen. Gault. Calcaire à rudistes.	Scaglia rouge à Cardiaster italicus, etc.
	Terrain néocomien alpin avec Belemn. latus, Amm. Astierianus Terebratula, diphyoides.		Terrain néocomien.	Biancone, pauvre en fossiles. (Amm. Astierianus, Grasianus, etc. dans les Alpes Vénitiennes).
Terr. jurass. supérieur.	NIREMONT Marnes à crinoïdes. Calcaire de Chatel-S.-Denis avec Terebratula janitor, Ammon. ptychoicus, Amm. acanthicus Aptychus latus et imbricatus,	Couches à Terebr. Catulloi. Calcaires jurass. à silex, pauvres en fossiles (Aptych.).	Schistes noirs. Calcaire corallien (Nerinea Castor, Cardium corallinum, Terebratula Moravica). Calcaire compacte à silex avec Belemnites, Aptychus (Hochgebirgskalk).	Diphyakalk rouge et blanc avec Terebratula diphya, Catulloi. Amm. ptychoicus, etc. Calcaire rouge à Ammon. acanthicus, eurystomus, etc.
	Amm. bimammatus et Arolicus.	Calcaires rouges à Amm. tortisulcat.	Calcaire gris à Bel. hastatus, Amm. Arolicus, tortisulcatus, etc.	
T. bathonien et callovien(?)	Calcaire à Amm. Zignodianus, anceps, hecticus, et à Amm. Humphriesianus, subobtusus, Kudernatschi, tripartitus, Posidonomya alpina, etc.		Oolite ferrugineuse avec Amm. Parkinsoni Martinsi, Deslongchampsi, Ancyloceras annulatus. Zone de l'Amm. Humphriesianus.	Calcaire à Posidonomyes (Klausschichten)
Oolite infér.	Schistes marneux avec Amm. tatricus, Aalensis, opalinus, Murchisonæ.		Zone de l'Amm. Murchisonæ. Schistes argileux à Posidonomya Suessi et à Amm. opalinus.	Couche à Rhynchon. bilobata. Oolite de S. Vigilio avec Amm. Murchisonæ, scissus, fallax, etc.
Lias supér.	Calcaires marneux avec Amm. radians, serpentinus, etc.		Lias supérieur.	Calcaire gris à Terebr. Rotzoana, Renierii, etc.

Ce Mémoire a été présenté à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 4 août 1870.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche II (1).

Fig. 1. Coupe du Niremont, de la plaine près de Semsales au pied du Moléson. Direction ONO-ESE. Échelle $^1/_{50000}$.

Fig. 2. Coupe du Mont Corbettes. La figure représente à la fois la coupe de cette montagne et celle des escarpements de la branche gauche de la Veveyse. Direction ONO-ESE. Échelle $^1/_{25000}$.

Fig. 3. Coupe des Voirons, tirée des « Recherches géologiques » de M. A. Favre (Atlas, pl. IV, fig. 4). Les lettres explicatives correspondent à celles de la figure précédente. Direction N-S. Échelle $^1/_{50000}$.

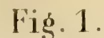
Planche III (2).

Fig. 1. Coupe de Trémettaz, prise à égale distance entre les sommets du Moléson et de Téjatzaux ; cette coupe est semblable à celle du Moléson. Échelle $^1/_{25000}$.

Fig. 2. Coupe de la Dent de Lys des environs du Gros Mologis à la Sarine près de Montbovon. Échelle $^1/_{50000}$.

EXPLICATION DES SIGNES.

fl. Flysch.
cr. Calcaire schisteux rouge et vert du terrain crétacé supérieur.
n. Terrain néocomien alpin.
c. Marne à crinoïdes.
t. Couche à *Terebratula Catulloi.*
j. Calcaire jurassique de la chaîne du Niremont.
js. Calcaire jurassique supérieur.
jr. Calcaire rouge jurassique.
jp. Calcaires à *Posidonomya alpina.*
ji. Marnes feuilletées à *A. opalinus*, *Murchisonæ*, etc.
l. Terrain liasique supérieur et moyen (?).
r. Couches rhétiques.
d. Dolomie triasique.
ca. Cargneule triasique.


Fig. 1.

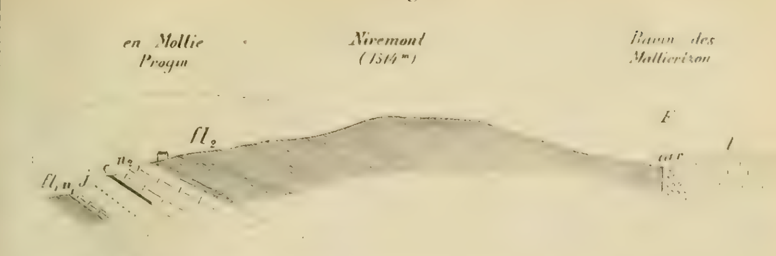
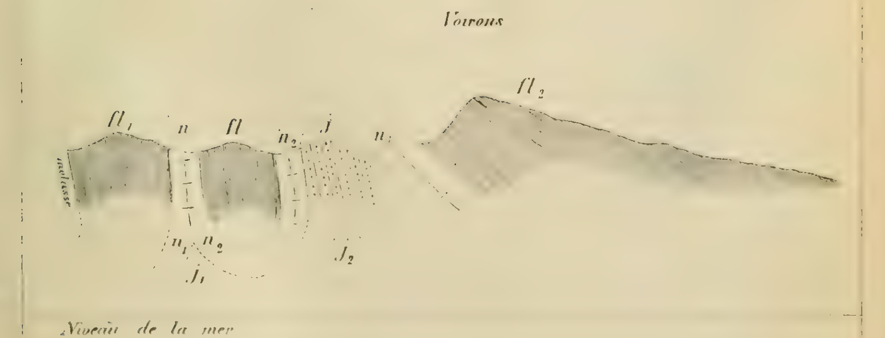
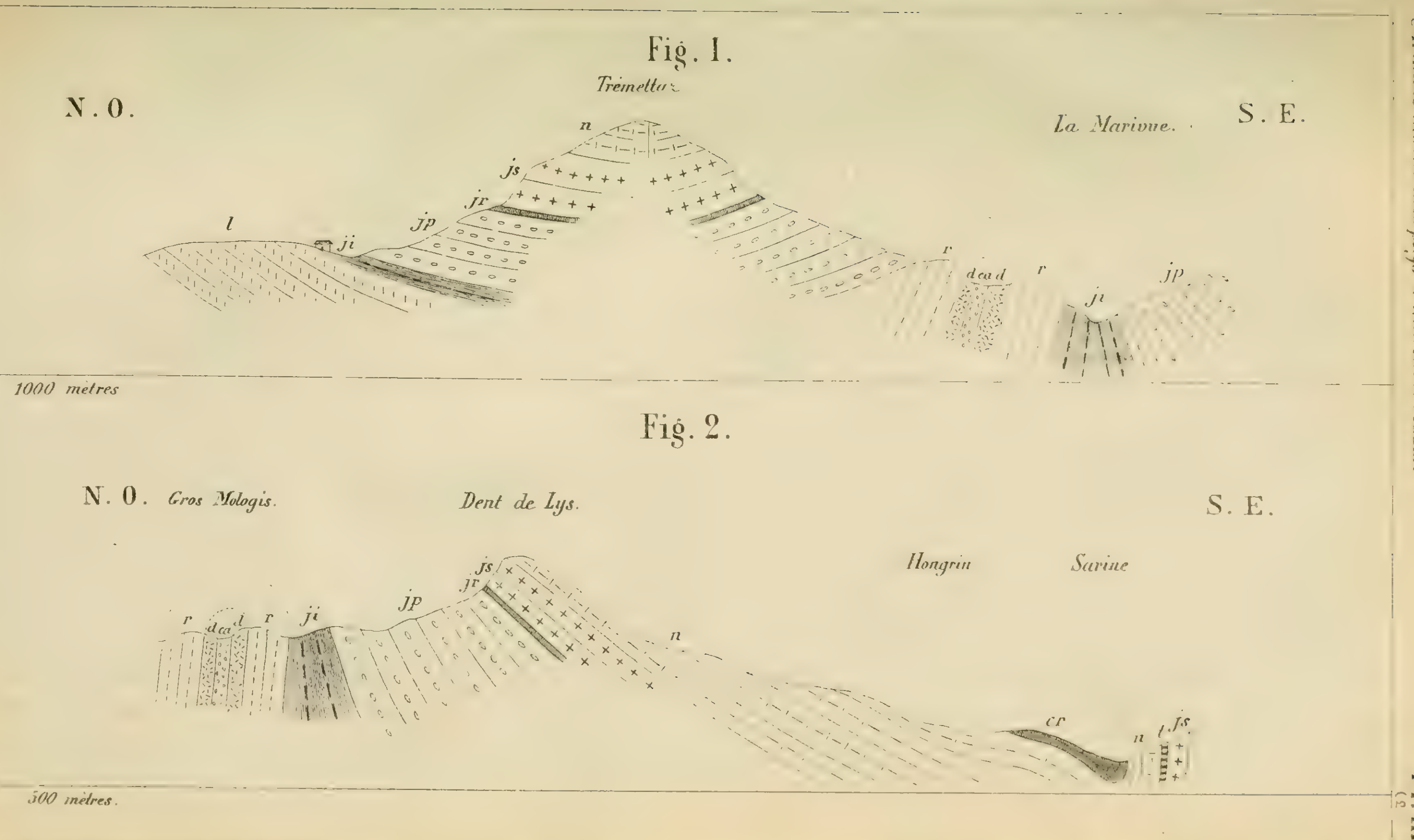

en Mollie
Progin
Niremont
(1514m)
Baum des
Mallierizon
fl2
fl1
n1
J
n2
Niveau de la mer

Fig. 2.


Le Chaussin
La Bria
Mt Corbettes
(1408m)
Veveyse de Feyires
fl1
n1
J1
n2
J2
n3
fl2
500m

Fig. 3.


Voirons
fl2
fl1
n
fl
n2
J
n1
n2
J1
J2
Niveau de la mer


Fig. 1.
Trémettaz
N. O.
La Marivue.
S. E.
n
js
jr
jp
l
ji
r
dad
r
ji
jp
1000 mètres
Fig. 2.
N. O.
Gros Mologis.
Dent de Lys.
S. E.
Hongrin
Sarine
js
jr
jp
r
dad
r
ji
n
cr
n
js
500 mètres.

RECHERCHES

SUR

LES CHALEURS SPÉCIFIQUES

LES DENSITÉS ET LES DILATATIONS

DE QUELQUES DISSOLUTIONS

PAR C. MARIGNAC

Première partie : CHALEURS SPÉCIFIQUES.

En exposant dans un précédent mémoire [1] quelques recherches préliminaires sur le rôle de l'eau dans les doubles décompositions salines, et sur l'influence qu'elle exerce sur les effets thermiques qui les accompagnent, j'ai signalé quelques faits assez singuliers, mais que je ne pouvais encore considérer comme certains, puisque je n'avais pas tenu compte, dans mes calculs, des chaleurs spécifiques des dissolutions employées.

Dans l'intention de reprendre plus tard l'examen de ces faits, par des méthodes plus rigoureuses, j'ai entrepris une série de recherches sur les chaleurs spécifiques des dissolutions. J'ignorais alors que M. Thomsen s'était livré depuis longtemps à un travail du même genre, qu'il était près de terminer. Ce savant vient d'annoncer la publication prochaine des résultats de ses observations, dont il a déjà donné un résumé sommaire [2].

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXVI, p. 319.

[2] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 716, et *Archives*, tome XXXIX, p. 153.

Bien que cette publication rende à peu près inutile la continuation de mon travail, et que je fusse bien loin encore de lui avoir donné une extension comparable à celle des recherches exécutées par M. Thomsen, je veux exposer les résultats auxquels j'étais déjà parvenu. Plusieurs des composés dont je me suis occupé ont été également l'objet des expériences de ce savant, et, vu la difficulté de ces déterminations, il ne sera pas sans intérêt de comparer les résultats obtenus par des méthodes très-différentes, et qui, si j'en juge par ceux qu'il a déjà publiés, montreront un accord très-satisfaisant. J'ai aussi examiné quelques dissolutions sur lesquelles, peut-être, son attention ne s'est pas portée, et qui me conduiront à ajouter quelques observations générales à celles que ce savant a déjà présentées.

La méthode que j'ai suivie, pour la détermination des chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses, est l'une des plus simples et des plus connues. Elle consiste à mesurer l'élévation de température produite dans un poids déterminé du liquide par l'introduction d'un corps chaud.

Deux objections ont été faites contre l'exactitude de ce procédé.

La première repose sur la difficulté de connaître exactement la température du corps plongé dans le liquide, ou plutôt, car, je montrerai plus loin, qu'en opérant comme je l'ai fait, cette connaissance exacte a peu d'importance, d'être parfaitement sûr qu'il possède toujours la même température.

Pour écarter cette difficulté, j'emploie, comme source de chaleur, un thermomètre à mercure à grand réservoir. Comme il importe que la transmission de la chaleur

se fasse le plus rapidement possible, j'ai fait construire des thermomètres dont le réservoir est formé d'un tube de 9 millimètres de diamètre intérieur, et de 50 centimètres de longueur environ, contourné en forme d'hélice, de manière à pouvoir être entièrement plongé et agité dans un vase cylindrique contenant 150 à 250 centimètres cubes de liquide. La valeur en eau, de ces thermomètres, a varié de 15 à 21 grammes. La transmission de la chaleur était assez rapide pour que le maximum fût atteint en 30 secondes. La tige de ces thermomètres était graduée en divisions d'environ 1 millimètre de longueur, d'égale capacité, et correspondant à peu près à $\frac{1}{10}$ de degré.

Avant l'expérience, on chauffe ce thermomètre dans une étuve, à quelques degrés au-dessus de la température déterminée à laquelle il doit être plongé dans le liquide. On le retire et le rapproche graduellement du vase où il doit être plongé, et l'immersion s'opère à l'instant où le mercure atteint le trait fixé. Je ne crois pas que l'erreur que l'on peut commettre en opérant ainsi, atteigne un quart de division, c'est-à-dire $\frac{1}{40}$ de degré. Comme le thermomètre était plongé à une température d'environ 40° supérieure à celle du liquide dont on mesurait l'échauffement, on voit que l'erreur que l'on peut admettre de ce chef ne doit pas dépasser $\frac{1}{1600}$.

La seconde objection, la plus grave, consiste dans l'inexactitude de tous les systèmes proposés pour corriger les erreurs produites par le rayonnement du vase servant de calorimètre. Mais il y a un moyen très-simple de rendre toute correction inutile. Au lieu de comparer, comme on l'a fait généralement, les variations de température produites par une même source de chaleur dans

des poids arbitraires d'eau et du liquide dont on veut mesurer la chaleur spécifique, il suffit de renverser le problème et de déterminer les poids relatifs d'eau et de ce liquide qui éprouvent la même variation de température par l'addition de la même quantité de chaleur. De cette manière, et surtout si les expériences sont faites immédiament l'une après l'autre, dans les mêmes conditions atmosphériques, l'influence de toutes les causes extérieures agit exactement de la même manière et n'entraîne par conséquent aucune perturbation.

On conçoit d'ailleurs qu'il ne s'agit pas ici de réaliser cette identité d'une manière absolue. Pourvu que, dans les deux expériences que l'on compare, les températures observées ne diffèrent que de quelques centièmes de degré, ce qu'il est très-facile de réaliser à la suite d'une seule expérience préalable, on peut se passer de toute correction.

La variation de température, produite dans le liquide par l'immersion et l'agitation du thermomètre calorifère, était mesurée par un thermomètre très-sensible dont les divisions correspondaient à $\frac{1}{50}$ de degré, et dont la lecture se faisait au moyen d'une lunette horizontale.

Les dissolutions salines étaient renfermées dans un vase cylindrique en laiton argenté, dont la valeur en eau avait été déterminée par des expériences antérieures et trouvée de 13 grammes, y compris le thermomètre. Du reste, une erreur, même notable sur cette valeur n'en entraînerait qu'une à peine sensible dans le résultat des expériences, puisqu'elle affecterait également les chaleurs spécifiques de l'eau et de la dissolution qu'on lui compare.

Pour les liquides fortement acides, j'ai employé un vase en verre très-léger, dont la valeur en eau était de $14^{gr},9$.

Pour éviter, autant que possible, des influences extérieures, accidentelles et variables, ces vases étaient suspendus par leur rebord supérieur évasé, au moyen d'une feuille de fer-blanc percée d'un trou circulaire, au milieu d'un grand cylindre de même métal, entouré lui-même d'eau à la température ambiante.

Pour que les expériences soient parfaitement comparables, il faut attendre, pour les commencer, que la température du liquide dans le calorimètre soit tout à fait stationnaire sous l'influence du rayonnement extérieur et de l'évaporation superficielle. Cette condition rend un peu longue la première expérience d'une journée, mais il est facile ensuite, en suivant la marche d'un thermomètre extérieur, de porter immédiatement le liquide à une température telle, qu'elle ne variera pas sensiblement pendant un temps bien supérieur à la durée d'une détermination.

En commençant ce travail, j'avais pensé qu'il me suffirait de déterminer, par une série d'essais faits sur l'eau, une relation empirique exprimant, pour chaque différence entre la température du thermomètre calorifère et celle du bain, le rapport des quantités de chaleur cédées par le premier, et gagnées par le second. Mais j'ai dû y renoncer et comparer directement les expériences faites sur chaque dissolution, à des expériences semblables faites immédiatement avant et après sur l'eau.

J'ai remarqué en effet que, tandis que toutes les déterminations faites dans une même journée, ou quelquefois dans deux jours consécutifs où les circonstances atmosphériques n'ont pas changé, présentent en général un très-grand accord, il n'est plus tout à fait aussi satisfaisant quand on compare des expériences faites à des époques

un peu différentes, lors même qu'on se retrouve dans les mêmes conditions de température. Cela peut tenir soit à des influences atmosphériques autres que la température, par exemple à l'état hygrométrique de l'air, soit à ce que, à des époques un peu éloignées, on ne conserve plus la même uniformité dans les mouvements pour plonger le calorifère dans le bain et pour l'agiter.

Chaque expérience pouvant se faire assez rapidement, la détermination de la chaleur spécifique de chaque dissolution a toujours été répétée au moins cinq à six fois et résulte de la comparaison des résultats avec ceux d'autant d'essais semblables exécutés sur l'eau, et alternant avec ces expériences.

En réalité, cette condition ne rend ces déterminations plus laborieuses qu'en apparence. En effet, si l'on voulait comparer les expériences faites sur une dissolution à celles qu'on aurait faites sur l'eau, aux mêmes températures, à plusieurs jours de distance, on serait forcé de comparer à peu près journellement le thermomètre du calorimètre et le thermomètre calorifère à un thermomètre étalon. Or, cette comparaison, pour atteindre le degré de précision nécessaire, est au moins aussi longue que les expériences relatives à la détermination des chaleurs spécifiques.

Enfin, je dois remarquer que ce mode d'opérer a non-seulement l'avantage de rendre toute correction inutile, et d'écarter les erreurs qui pourraient résulter d'un déplacement du zéro dans les thermomètres employés, mais encore celui de rendre insensibles celles qui pourraient avoir pour cause une imperfection dans la graduation des thermomètres, imperfection qu'il est impossible d'éviter complétement, lorsqu'il s'agit d'expériences pour les-

quelles une erreur d'un centième de degré influe d'une manière très-sensible sur les résultats. En effet, dans les expériences comparatives faites sur l'eau et sur un autre liquide, si l'échauffement est le même dans les deux cas, et si les températures initiales et finales sont les mêmes de part et d'autre, à quelques centièmes près, la détermination n'est affectée par les erreurs de graduation du thermomètre que dans la mesure excessivement faible où ces erreurs de graduation peuvent porter sur une portion de l'échelle thermométrique de quelques centièmes de degré.

La publication annoncée comme prochaine, du mémoire de M. Thomsen, sur le même sujet, diminuant beaucoup l'importance de mes propres recherches, je ne me propose pas de donner en détail les chiffres de toutes mes expériences, et je me bornerai à en indiquer les résultats moyens.

Mais je veux cependant, pour que l'on puisse bien juger de la marche suivie et de l'accord que présentent les diverses observations, exposer en détail les expériences relatives à deux séries de déterminations. Je prends, comme exemples, celles qui se rapportent à la chaleur spécifique des dissolutions d'acide chlorhydrique renfermant, pour une molécule d'acide ($HCl = 36,5$), 50 et 100 molécules d'eau (900 et 1800).

L'étude de ces deux dissolutions ayant eu lieu dans deux jours consécutifs, offrant des conditions atmosphériques absolument semblables, j'ai réuni, en une seule série, toutes les expériences faites sur l'eau.

Le calorimètre employé était le vase de verre équivalant à $14^{gr},9$ d'eau. La quantité d'eau employée a été de 170^{g} pour chaque expérience. Le thermomètre calorifère

était plongé à une température $T=65^{\circ},10$. Je désigne par t et t'' la température initiale et la température finale du calorimètre, et par r le rapport $\frac{T-t'}{t'-t}$.

Eau, 170 grammes.

t	t'	$t'-t$	$T-t'$	r
19,78	23,26	3,48	41,84	12,023
19,86	23,35	3,49	41,75	11,963
20,06	23,53	3,47	41,57	11,980
20,12	23,57	3,45	41,53	12,037
19,80	23,28	3,48	41,82	12,017
19,69	23,18	3,49	41,92	12,011
20,04	23,505	3,465	41,595	12,004
19,91	23,385	3,475	41,715	12,004

La moyenne de toutes ces expériences est $r=12,005$. Le calorimètre et l'eau qu'il contient, équivalant à 183 grammes d'eau, on en déduit $15^{gr},402$ pour la valeur du thermomètre calorifère.

$HCl+50Aq$, 182 grammes.

t	t'	$t'-t$	$T-t'$	r
19,92	23,40	3,48	41,70	11,983
20,01	23,49	3,48	41,61	11,957
20,10	23,57	3,47	41,33	11,968
20,08	23,54	3,46	41,56	12,011
19,92	23,39	3,47	41,71	12,020
19,92	23,38	3,46	41,72	12,057
			Moyenne. . .	12,000

On aura donc pour la chaleur spécifique de cette dissolution :

$$C=\frac{15,402\times 12,00-14,9}{182}=0,9336$$

$HCl + 100\,Aq$, 176 grammes.

t	t'	$t'-t$	$T-t'$	r
19,81	23,19	3,48	41,81	12,014
19,73	23,22	3,49	41,88	12,000
19,92	23,40	3,48	41,70	11,983
19,98	23,45	3,47	41,65	12,003
20,02	23,495	3,475	41,605	11,973
			Moyenne. . .	11,995

$$C = \frac{15{,}402 \times 11{,}995 - 14{,}9}{176} = 0{,}9650$$

Je ne pense pas que l'erreur de ces déterminations puisse dépasser 0,002, en y comprenant celle qui peut dépendre de la préparation même des dissolutions, à laquelle j'ai donné le plus grand soin.

Après avoir indiqué les raisons qui me font considérer comme très-exacte, en même temps que très-simple, la méthode que j'ai employée, je dois en signaler cependant un grave inconvénient, que je ne crois pas insurmontable, mais que je n'ai pas encore réussi à écarter, et qui m'a arrêté depuis quelque temps dans l'application de ce procédé.

La construction des thermomètres à réservoir en forme d'hélice très-resserrée, présente de grandes difficultés, et l'habile constructeur qui me les a fournis paraît avoir été forcé, pour cela, de prendre des tubes d'un verre un peu épais. Il résulte de cette épaisseur, et de la torsion qu'ils ont subie, qu'ils sont extrêmement fragiles pour les variations brusques de température qu'ils sont appelés à subir dans l'immersion subite, bien que ces variations n'aient jamais dépassé 45°. Aucun de ces appareils n'a pu résister à une bien longue série d'expériences. Mais je crois que l'on parviendrait à en faire d'un verre plus mince, qui pourraient supporter ces brusques transitions.

Ayant désiré déterminer les chaleurs spécifiques de quelques dissolutions dans le sulfure de carbone, j'ai dû renoncer à la méthode précédente, qui ne peut convenir pour un liquide aussi volatil. J'ai opéré, dans ce cas, de la manière suivante :

La dissolution est renfermée dans un ballon de verre de 40 centimètres cubes de capacité. Un thermomètre très-sensible en indique la température. Le col de ce ballon est assez étroit pour être presque rempli par la tige du thermomètre ; un tube mince de caoutchouc, serré entre deux, le ferme exactement.

Après avoir chauffé le liquide à une température un peu supérieure à celle à laquelle doit commencer l'expérience, on le laisse refroidir en l'agitant continuellement, et, au moment où le thermomètre marque le degré fixé, on le plonge dans le calorimètre disposé comme dans les expériences précédentes, et renfermant 140 à 150 grammes d'eau. Un second thermomètre fait connaître la température initiale de celle-ci, qui doit être tout à fait stationnaire sous l'influence des causes extérieures, et l'élévation qu'elle subit par la communication de la chaleur transmise par la dissolution chaude. On a soin, d'ailleurs, d'agiter continuellement le ballon dans le calorimètre jusqu'à ce que le maximum soit atteint.

D'ailleurs, toute correction est évitée, comme précédemment, par la comparaison avec d'autres expériences, réalisant les mêmes conditions, faites avec un liquide dont la chaleur spécifique est connue.

Il est impossible d'obtenir, par ce procédé, des résultats aussi exacts que ceux que donne la méthode précédente, à cause de la plus grande durée de l'expérience. En effet, le maximum, au lieu d'être atteint en 30 se-

condes, ne s'établit qu'au bout de trois à quatre minutes, en sorte que la plus légère différence, dans l'action des causes extérieures ou dans l'agitation du ballon, peut exercer une influence sensible sur le résultat. Cependant, on obtient encore des résultats très-concordants lorsque la température extérieure demeure à peu près constante, pourvu que l'on s'assure avec le plus grand soin que la température du calorimètre demeure pendant plus de cinq minutes absolument invariable.

En raison de la faible chaleur spécifique du sulfure de carbone, j'aurais été forcé, si j'avais voulu me servir de l'eau pour les expériences de comparaison, de n'en mettre dans le ballon qu'une dizaine de grammes, ce qui n'eut pas suffi pour baigner complétement le thermomètre intérieur. Il eût été à craindre que, dans ces conditions, les expériences fussent peu comparables. J'ai donc préféré prendre, pour terme de comparaison le sulfure de carbone lui-même, liquide dont la chaleur spécifique est bien connue.

M. Regnault a déterminé cette chaleur avec beaucoup de soin, et a donné la formule suivante pour calculer la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer ce liquide de o à t^o.

$$Q = 0,2352314t + 0,0000814831t^2.$$

On calcule au moyen de cette formule que la chaleur spécifique moyenne entre 17° et 44°, limites de mes expériences, est de 0,2374. Les expériences de M. Hirn [1] indiquent un résultat un peu plus élevé, car il trouve 0,23878 pour la chaleur spécifique à 30°. J'ai adopté le nombre moyen 0,238.

[1] *Annales de chimie et de physique*, 4e série, tome X, p. 84.

Avant que de commencer les déterminations relatives à ces dissolutions, j'ai procédé à un grand nombre d'expériences préliminaires sur l'eau pour bien connaître les conditions qu'il fallait remplir pour les rendre comparables.

J'ai constaté que, tant que la quantité d'eau contenue dans le ballon reste la même, on peut faire varier sa température au moment de l'immersion, même dans des limites très-étendues, sans qu'il en résulte un changement sensible dans la valeur du rapport $r = \frac{T - t'}{t' - t}$, en sorte que toutes les expériences faites dans ces conditions conduisent au même chiffre pour la valeur en eau du ballon et du thermomètre qu'il contient.

Mais si l'on change le poids de l'eau contenue dans le ballon, on trouve un nombre différent pour exprimer cette même valeur, en sorte que cette nouvelle série d'expériences n'est plus comparable à la première.

On peut bien se rendre compte de ces résultats si l'on remarque qu'il y a deux causes principales de perte de chaleur, le rayonnement extérieur du calorimètre et le fait qu'au moment où il indique le maximum, le liquide du ballon possède encore une température supérieure à celle qu'on lui attribue dans le calcul en le supposant ramené à la température du calorimètre.

Or, la durée des expériences demeure la même quelle que soit l'élévation de température obtenue, le maximum s'établissant vers la fin d'autant plus vite que l'excès de température étant plus grand détermine un plus fort rayonnement. Il en résulte que la première cause de perte est à peu près proportionnelle à l'élévation de température obtenue, en sorte que le rapport des variations

de température du ballon et du calorimètre en est réduit toujours dans la même proportion ; il demeure donc constant pour toutes les expériences d'une même série.

Quant à la chaleur perdue par la seconde cause, elle est à la fois proportionnelle à l'excès de la température intérieure sur la température extérieure, lequel doit être lui-même proportionnel à l'élévation de la température du calorimètre, et encore au poids de l'eau contenue dans le ballon.

Il résulte de là qu'on ne peut comparer entre elles que les expériences dans lesquelles le liquide contenu dans le ballon représente la même valeur en eau, mais qu'il n'est pas nécessaire de s'astreindre à ce que la température initiale soit toujours la même.

En conséquence, j'ai réuni en une seule série toutes les expériences faites à diverses reprises sur le sulfure de carbone pur pour en déduire la valeur du ballon et du thermomètre, en ayant soin seulement d'employer toujours à peu près le même poids de ce liquide (environ 43 grammes), et de prendre ensuite des poids des diverses dissolutions équivalents à cette quantité par leur chaleur spécifique.

Je vais maintenant exposer les résultats de mes observations, en commençant par les dissolutions aqueuses.

J'ai adopté pour les formules des corps composés les notations atomiques, l'hydrogène étant pris pour unité. Elles sont donc identiques avec celles de M. Thomsen.

Les résultats obtenus pour chaque substance sont présentés sous forme de tableaux dans lesquels je désigne par :

n le nombre de molécules d'eau pour une molécule de la substance dissoute;

c la chaleur spécifique de la dissolution pour l'unité de poids ;

p le poids moléculaire de la dissolution ;

$C = pc$ la chaleur moléculaire, tant celle qu'a donnée l'expérience que celle qui résulte d'une formule empirique indiquée plus loin pour chaque cas.

Une dernière colonne donne la valeur de $C - 18n$, c'est-à-dire la différence entre la chaleur moléculaire de la dissolution et celle de l'eau seule contenue dans celle-ci. J'ai employé dans le calcul de ces différences les valeurs de C calculées par la formule d'interpolation, afin que la loi de progression de ces différences ne fût pas masquée par l'incertitude des valeurs de C données par l'expérience pour des dissolutions très-étendues.

Bien que je donne dans ces tableaux les valeurs de la chaleur spécifique c avec quatre décimales pour représenter fidèlement la moyenne de mes expériences, je reconnais qu'on peut très-bien supprimer la quatrième. Je crois que la troisième doit être exacte à une ou deux unités près.

Acide sulfurique.

L'acide employé dans mes expériences avait été purifié par distillation et amené exactement à l'état de monohydrate par des congélations répétées jusqu'à ce qu'il ne présentât plus aucun indice de fusion à la température de 10 degrés.

Pour l'acide monohydraté et pour les mélanges de cet acide avec 5, 10, 15 et 25 équivalents d'eau, j'ai dû employer un vase en verre au lieu du vase métallique qui a servi aux autres expériences. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

$H^2O.SO^3 + n Aq.$

n	c[1]	p	C Observé	C Calculé	C—18n
0	0,3315	98	32,5	»	»
5	0,5764	188	108,4	108,4	+18,4
10	0,7212	278	200,5	200,5	20,5
15	0,7919	368	291,4	290,2	20,2
25	0,8537	548	468	468	18
50	0,9155	998	914	914	14
100	0,9545	1898	1812	1812	12
200	0,9747	3698	3604	3610	10
400	0,9878	7298	7209	7209	9

La formule empirique qui permet de représenter ces résultats et de calculer les chaleurs spécifiques pour toute autre dissolution, est :

$$C = 18n + 8,58 + \frac{334,8}{n} - \frac{2882}{n^2} + \frac{7262}{n^3}$$

Mais on doit bien remarquer qu'elle donnerait des résultats tout à fait inexacts pour des dissolutions renfermant moins de cinq molécules d'eau.

L'acide sulfurique est un des corps dont M. Thomsen a déjà fait connaître la chaleur spécifique[2]. Ses expériences ne sont pas directement comparables aux miennes, parce qu'il rapporte ses dissolutions à l'acide sulfurique anhydre, auquel il suppose ajoutés 5, 10, 20, etc., équivalents d'eau. Mais il est facile de comparer les résultats de ses observations à ceux que l'on déduit de la formule précédente pour les chaleurs moléculaires. On trouve ainsi, en conservant à n la même signification que dans le tableau précédent :

[1] Ces valeurs sont relatives à une température de 16 à 20 degrés.
[2] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXIX, p. 153.

n	C calculé	Thomsen
4	»	92,7
9	182,2	182,0
19	361,2	360,8
49	896,2	899,6
99	1794	1795
199	3592	3591

L'accord est aussi satisfaisant qu'on peut l'espérer.

J'ai craint que la méthode employée dans ces déterminations, très-convenable pour les dissolutions salines, ou pour des mélanges d'acide et d'eau en excès, ne comportât une grande incertitude pour l'acide sulfurique monohydraté ou mélangé avec une très-faible proportion d'eau.

En effet, un pareil liquide tendant, au lieu de s'évaporer au contact de l'air, à en absorber l'humidité et à s'échauffer, les expériences ne se font plus dans des conditions identiques avec celles de comparaison sur l'eau. Ainsi pour obtenir une température stationnaire au commencement de l'expérience, il faut que la température du bain d'acide soit d'environ quatre degrés supérieure à celle de l'atmosphère. De plus, la grande différence de chaleur spécifique des liquides force d'en employer des volumes très-différents.

Cette crainte m'a engagé à répéter ces déterminations, pour l'acide monohydraté seul ou mélangé de un à cinq équivalents d'eau, en employant la seconde méthode, c'est-à-dire en opérant dans un ballon fermé, comme je l'ai indiqué au commencement de ce mémoire pour les dissolutions dans le sulfure de carbone.

On rencontre seulement alors une autre difficulté. Soit en raison de la viscosité de l'acide concentré, soit parce

que le plus grand volume qu'on est forcé d'en mettre dans le ballon, pour avoir une masse calorifique égale à celle de l'eau, empêche que l'agitation n'en mélange aussi bien les diverses parties, la transmission de la chaleur à l'eau du calorimètre, a lieu plus lentement. Or, si l'expérience dure plus longtemps, les pertes par rayonnement ne sont plus identiques. On peut remédier à cet inconvénient, après quelques essais, en réglant la vitesse d'agitation du ballon dans le calorimètre de manière à obtenir dans toutes les expériences une même durée.

Cette seconde série d'expériences m'a donné les résultats suivants, exprimant la chaleur spécifique entre 20 et 56° :

n	c	p	C	C—18n
0	0,3363	98	33	»
1	0,4411	116	51,2	33,2
3	0,5056	152	76,8	22,8
5	0,5833	188	109,7	19,7

Comparons maintenant ces résultats à ceux des expériences précédentes, ou obtenus par d'autres observateurs.

H^2O,SO^3. J'ai trouvé : $c=0,3315$ entre 17 et 22°.
$c=0,3363$ entre 20 et 56°.

Ces nombres se confirment réciproquement, leur différence étant bien de l'ordre de celle qui doit résulter de la différence des températures pour lesquelles ces chaleurs ont été déterminées.

Les déterminations antérieures avaient donné :

0,3095. Person[1].

0,343 entre 21 et 46°. H. Kopp[2].

0,3413 entre 13 et 77°. Pfaundler[3], anciennes déterminations.

0,355 entre 22 et 80°. Pfaundler[4], nouvelles expériences.

On peut conclure d'ailleurs de l'ensemble des observations de ce savant pour des températures plus élevées, et, par analogie, que le résultat eût été environ 0,352 entre 22 et 60°.

On voit que j'ai obtenu des résultats un peu moins élevés que MM. H. Kopp et Pfaundler. S'il était permis de supposer que ces savants eussent employé dans leurs expériences un acide sulfurique simplement concentré par une ébullition prolongée, ces différences seraient en grande partie expliquées par ce fait seul.

En effet, un tel acide renferme à peu près $\frac{1}{12}$ d'équivalent d'eau de trop. On aurait donc, en partant du résultat que j'ai obtenu pour l'acide monohydraté, savoir : $c=0,3363$ et $C=33$:

99,5 pour le poids moléculaire de l'acide concentré par ébullition,

34,5 pour sa chaleur moléculaire, et

0,3467 pour sa chaleur spécifique.

H^2O,SO^3+Aq. Je trouve $c=0,4414$ entre 20 et 56°.

Ce résultat s'accorde exactement avec les dernières observations de M. Pfaundler ; il a obtenu, en effet :

0,447 entre 22 et 80°

0,444 entre 22 et 70°.

[1] *Annales de chim. et de phys.*, 3e série, XXXIII, 437.

[2] *Poggendorffs Annalen*, LXXV, 98.

[3] *Journal für praktische Chemie*, CI, 507.

[4] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 798.

H^2O,SO^3+5Aq. J'ai obtenu : 0,5764 entre 15 et 19°,
0,5833 entre 20 et 56°.

La différence de ces résultats paraît bien en rapport avec la différence des températures auxquelles ils se rapportent.

Les résultats obtenus dans ces nouvelles déterminations me semblent donc confirmer ceux de la première série.

On remarquera d'ailleurs que ces expériences confirment entièrement le fait curieux établi par M. Pfaundler, savoir que le premier équivalent d'eau ajouté à l'acide sulfurique monohydraté augmente sa chaleur spécifique d'une quantité précisément égale à celle de l'eau ajoutée, tandis que pour toute dilution ultérieure, il y a une perte très-notable de chaleur spécifique. Ce fait est probablement en rapport avec l'existence de ce bihydrate comme composé parfaitement défini.

Sulfate de soude, $Na^2O,SO^3+n Aq$.

n	c	p	C Observé	C Calculé	$C-18n$
50	0,8890	1042	926,3	926,3	+26,3
100	0,9345	1942	1815	1815	+15
200	0,9625	3742	3602	3602	+ 2
400	0,9805	7342	7199	7193	— 7

Une dissolution à 40 équivalents d'eau cristallisant à la température ordinaire, je n'ai pu opérer sur des dissolutions plus concentrées que celle à 50 équivalents.

Les trois premières déterminations conduisent à la formule :

$$C=18n-16,34+\frac{4094}{n}-\frac{98000}{n^2}.$$

On voit que pour des dissolutions renfermant plus de

200 molécules d'eau, la chaleur spécifique est inférieure à celle de l'eau seule. On voit de plus qu'il y a toujours diminution de chaleur spécifique par le mélange de l'eau avec une dissolution de sulfate de soude.

Des observations sur la chaleur spécifique des dissolutions de sulfate de soude ont été déjà publiées par M. Schüller[1]. Ses expériences ne portent pas sur des dissolutions de même titre que celles que j'ai examinées. Mais il a déduit de ses résultats une formule empirique qui permet de calculer les chaleurs spécifiques pour toutes les proportions de sel dissous. Ce calcul appliqué aux dissolutions que j'ai étudiées donnerait les résultats suivants, que je mets en regard de ceux que j'ai obtenus :

	Observé	Formule de Schüller
$Na^2O,SO^3 + 50Aq$	0,8890	0,8916
— $+100$	0,9345	0,9392
— $+200$	0,9625	0,9678
— $+400$	0,9805	0,9835

Les différences, surtout pour les dissolutions à 100 et 200 équivalents d'eau, me paraissent dépasser les erreurs possibles dans mes expériences.

Bisulfate de soude : $\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3 + nAq.$

n	c	p	C Observé	C Calculé	C—18n
25	0,8683	570	495	495	+45
50	0,9146	1020	933	933	+33
100	0,9497	1920	1823	1823	+23
200	0,9719	3720	3615	3618	+18

[1] *Poggendorffs Annalen*, tome CXXXVI, p. 70.

La formule empirique calculée sur les trois premières déterminations est :

$$C=18n+11,65+\frac{1292}{n}-\frac{11500}{n^2}.$$

Il est intéressant de comparer les chaleurs moléculaires des dissolutions au même titre de sulfate de soude, de bisulfate et d'acide sulfurique.

n	H^2O,SO^3	$\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}O,SO^3$	Na^2O,SO^3
25	468	495	»
50	914	933	926
100	1812	1823	1815
200	3610	3618	3602
400	7210	»	7194

La chaleur moléculaire des dissolutions de bisulfate n'est point égale à la moyenne des chaleurs moléculaires de l'acide sulfurique et du sulfate neutre. Elle leur est toujours supérieure. Il y a donc toujours augmentation de chaleur spécifique par le mélange de dissolutions d'acide sulfurique et de sulfate de soude. Ce fait est en rapport avec l'abaissement de température produit par ce mélange.

Acide chlorhydrique : $HCl+n$ Aq.

n	c	p	C Observé	C Calculé	$C-18n$
6,25	0,6687	149	99,6	99,6	—12,9
12,5	0,7881	261,5	206,1	206,1	—18,9
25	0,8787	486,5	427,5	426,8	—23,2
50	0.9336	936,5	874,3	874,3	—25,7
100	0,9650	1836,5	1772	1773	—27
200	0,9835	3636,5	3576	3572	—28

La chaleur moléculaire peut être calculée par la formule :

$$C = 18n - 28,39 + \frac{140}{n} - \frac{268}{n^2}.$$

On voit que la chaleur spécifique des dissolutions d'acide chlorhydrique est toujours inférieure à celle de l'eau seule qu'elles contiennent ; cela est vrai même pour la dissolution la plus concentrée que j'ai examinée, qui renferme 24,5 pour 100 d'acide. Il y a toujours aussi diminution de chaleur spécifique par le mélange de l'eau avec ces dissolutions.

L'acide chlorhydrique est un des corps pour lesquels les résultats obtenus par M. Thomsen ont été déjà publiés; voici la comparaison des chaleurs moléculaires trouvées par ce savant avec celles qu'indique la formule que j'ai déduite de mes expériences :

n	Thomsen	Calcul
10	162,0	162,9
20	338,5	338,0
50	872	874
100	1769	1773
200	3557	3572

Les différences ne dépassent guère les erreurs possibles de part et d'autre, sauf pour la dissolution à 200 molécules d'eau.

Le résultat obtenu par M. Thomsen pour cette dissolution me semble bien faible ; il supposerait une singulière anomalie dans la loi de progression des différences $C - 18n$.

Chlorure de sodium : $NaCl + nAq$.

n	*c*	*p*	C		C—18*n*
			Observé	Calculé	
12,5	0,8100	283,5	229,6	229,6	+ 4,6
25	0,8760	508,5	445,5	445,5	— 4,5
50	0,9280	958,5	889,5	888,3	—11,7
100	0,9596	1858,5	1783	1784	—16
200	0,9782	3658,5	3578	3582	—18

La chaleur moléculaire est exprimée par la formule :

$$C = 18n - 120,45 + \frac{481}{n} - \frac{2100}{n^2}.$$

L'inspection de la dernière colonne montre que la dilution d'une dissolution de chlorure de sodium entraîne toujours une diminution de chaleur spécifique moléculaire. Une dissolution renfermant environ 18 molécules d'eau pour une de sel a la même chaleur spécifique que l'eau qu'elle renferme, mais pour les dissolutions plus étendues la chaleur spécifique est inférieure à celle de l'eau qui y est contenue.

L'étude des dissolutions de chlorure de sodium a été faite aussi par M. Schüller. D'après ses expériences leur chaleur spécifique serait exprimée par la formule :

$$C = 0,9624 \frac{100 + 0,214p}{100 + p}.$$

p exprimant le poids de sel dissous dans 100 parties d'eau, et 0,214 la chaleur spécifique du chlorure de sodium à l'état solide.

Cette formule est évidemment inexacte pour des dissolutions très-étendues, puisqu'on en conclurait que la chaleur spécifique de ces dissolutions ne pourrait pas dépasser 0,9624, quelque petite que fût la proportion de sel.

Voici quelles seraient, d'après cette formule, les chaleurs spécifiques des dissolutions que j'ai examinées :

n	p	Calculé	Observé
12,5	26	0,8063	0,8100
25	13	0,8754	0,8761
50	6,5	0,9162	0,9282
100	3,25	0,9386	0,9592
200	1,62	0,9503	0,9785

Le désaccord est complet pour les dissolutions renfermant plus de 25 molécules d'eau.

Sucre : $C^{12}H^{22}O^{11}+n Aq$[1].

n	*c*	*p*	C	C—18*n*
25	0,7558	792	598,6	148,6
50	0,8425	1242	1046	146
100	0,9091	2142	1947	147
200	0,9500	3942	3745	145
400	0,9742	7542	7347	147

Les nombres de la dernière colonne peuvent, dans la limite des erreurs d'expérience, être considérés comme égaux. On en conclut que la chaleur spécifique d'un mélange d'eau et d'une dissolution de sucre est toujours sensiblement égale à la somme des chaleurs spécifiques des deux liquides mélangés.

On peut donc admettre que pour toute dissolution de sucre, la chaleur spécifique est la somme de celles de l'eau et du sucre, que le nombre moyen 147 exprime la chaleur moléculaire du sucre à l'état liquide, et que sa chaleur spécifique, pour l'unité de poids, serait par conséquent 0,430.

D'après M. H. Kopp, la chaleur spécifique du sucre à l'état solide est 0,301, sa chaleur moléculaire 103 ; le rapport de ces nombres à ceux qui se rapportent à l'état liquide n'offre rien d'anormal.

[1] Des considérations théoriques, sur lesquelles je reviendrai à la fin de ce mémoire, m'ont fait désirer d'étudier des dissolutions de substances qui n'appartiendraient point au groupe des sels, des acides et des bases. La difficulté de trouver de pareils corps, présentant d'ailleurs les conditions d'une grande solubilité, d'une composition parfaitement définie et de ne point se combiner avec l'eau, fait que je n'ai encore su trouver que le sucre dont la dissolution aqueuse se prêtât à ces essais.

J'ai employé du sucre candi très-pur.]

Dissolutions dans le sulfure de carbone.

Comme je l'ai indiqué au commencement de ce mémoire, les expériences relatives à ces dissolutions ont toutes été comparées à celles faites sur le sulfure de carbone pur, en admettant pour la chaleur spécifique de ce liquide le nombre 0,238. Cinq séries d'observations faites pendant la durée de ces recherches ont servi à déterminer la valeur en eau du ballon contenant le liquide avec le thermomètre intérieur qui faisait connaître la température fixe de 43°,59 au moment où on le plongeait dans le calorimètre.

Le calorimètre renfermait toujours 140 grammes d'eau, auxquels il faut ajouter 13 grammes pour la valeur du vase et du thermomètre. Le ballon renfermait environ 44 grammes de sulfure de carbone, ou un poids de chaque dissolution déterminé par une expérience préliminaire pour obtenir toujours le même réchauffement du calorimètre.

Soufre : $S + nCS^2$.

n	c	p	C	C—18,1n
1	0,229	108	24,7	6,6
2	0,232	184	42,8	6,6
4	0,232	336	77,9	5,5
10	0,235	792	186,0	5,0

18,1 représente la chaleur moléculaire du sulfure de carbone; la dernière colonne exprime donc la quantité dont la présence d'un atome de soufre augmente la chaleur spécifique de la dissolution.

D'après M. Person, la chaleur spécifique du soufre fondu, entre 120 et 150 degrés, est 0,234, sa chaleur atomique est donc 7,5; mais ce nombre serait certaine-

ment moins élevé si on pouvait le déterminer à la température de 18 à 43 degrés.

Ainsi la chaleur atomique du soufre dissous dans le sulfure de carbone est seulement un peu inférieure à celle du soufre fondu et ne diminue que dans une faible proportion par une dilution considérable, en effet la dernière dissolution ne renferme que 4 pour 100 de soufre.

Phosphore; $Ph + nCS^2$.

n	c	p	C	C—18,1n
$\frac{1}{4}$	0,219	50	10,9	6,4
$\frac{1}{2}$	0,222	69	15,3	6,3
1	0,225	107	24,2	6,1
2	0,229	183	41,9	5,7
4	0,2295	335	76,9	4,5

D'après M. Person, la chaleur spécifique du phosphore fondu serait 0,2045, sa chaleur atomique par conséquent 6,3.

Le phosphore entre donc avec toute sa chaleur spécifique dans les dissolutions concentrées dans le sulfure de carbone. Cette chaleur diminue graduellement, mais très-faiblement dans des dissolutions de plus en plus étendues.

Brome.

J'ai d'abord déterminé, comme moyen de contrôle, la chaleur spécifique du brome liquide par comparaison avec le sulfure de carbone. J'ai dû opérer pour cela sur 90g,5 de brome.

J'ai trouvé pour sa chaleur spécifique 0,1125 entre 18° et 43°,6. Ce nombre s'accorde exactement avec les déterminations de M. Regnault qui a trouvé 0,11294 entre 13 et 58 degrés. La chaleur atomique est donc égale à 9.

Pour le mélange $Br+CS^2$ (51 pour 100 de brome), j'ai trouvé 0,174 pour la chaleur spécifique, par conséquent 27,1 pour la chaleur moléculaire. C'est exactement la somme des chaleurs des deux liquides mélangés.

Iode : $I+nCS^2$.

n	c	p	C	$C-18,1n$
10	0,219	887	194	13
20	0,228	1647	376	14

D'après MM. Favre et Silbermann la chaleur spécifique de l'iode fondu est 0,1082, sa chaleur atomique est donc 13,7.

Ainsi l'iode se dissout dans le sulfure de carbone sans subir de diminution sensible dans sa chaleur spécifique.

La dissolution à 10 molécules de sulfure, renfermant 14,3 pour 100 d'iode est très-voisine de la saturation. Je n'ai pu opérer sur des liqueurs plus concentrées.

On voit que toutes ces dissolutions présentent un caractère très-différent de celui qu'on observe dans les dissolutions aqueuses des acides et des sels. La diminution de chaleur spécifique résultant de la dissolution ou de la dilution, lorsqu'elle existe comme pour le soufre et le phosphore, est toujours contenue dans d'étroites limites. Jamais surtout on ne voit la chaleur moléculaire de ces dissolutions devenir inférieure à celle du dissolvant seul.

Observations générales.

En présentant une indication préliminaire et très-sommaire du grand travail auquel il s'est livré sur les chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses, M. Thomsen

annonce qu'il peut en déduire cette conclusion générale, qu'une diminution de chaleur spécifique résulte toujours du mélange de l'eau avec une dissolution.

La généralité qu'il attribue à cette loi tient peut-être à ce que ses recherches n'ont porté que sur des combinaisons appartenant à une même classe (sels, acides et bases hydratées).

On sait, en effet, qu'un mélange d'eau et d'alcool a une chaleur spécifique supérieure à celle de ses éléments. Il résulte des faits rapportés dans ce Mémoire que les dissolutions de sucre ont une chaleur spécifique égale à celle de leurs éléments. On peut même remarquer que, parmi le petit nombre de corps pour lesquels M. Thomsen a déjà publié le résultat de ses expériences, il en est un qui se comporte comme le sucre, c'est l'ammoniaque; en effet, les différences indiquées par ce savant n'atteignent pas la limite des erreurs qu'il admet comme possibles.

Mais, cette réserve posée, il n'en est pas moins vrai que cette diminution de chaleur spécifique est un fait très-général, et qu'elle atteint souvent une proportion très-considérable. Ainsi, nous avons vu qu'une dissolution d'acide chlorhydrique renfermant 24,5 p. 100 de cet acide, soit une molécule pour 6,25 d'eau, a une chaleur spécifique inférieure d'environ 11 p. 100 à celle de l'eau seule qu'elle renferme.

Ce fait est très-remarquable. En effet, M. H. Kopp a montré, il y a quelques années[1], à la suite d'une récapitulation générale des recherches faites, soit par lui-même, soit par ses prédécesseurs, sur les chaleurs spécifiques des combinaisons, que, pour tous les composés définis, tant organiques qu'inorganiques, la chaleur spécifique

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Supplementband III, p. 1.

moléculaire est à peu près égale à la somme des chaleurs spécifiques des éléments, les différences étant, ou de l'ordre des erreurs des déterminations, ou de celui des différences qui peuvent résulter d'un simple changement dans l'état physique d'un même corps. On sait d'ailleurs par les expériences de M. Regnault sur les alliages, c'est-à-dire sur les combinaisons qui, par leur composition indéfinie, semblent se rapprocher le plus des dissolutions, qu'ils sont soumis à la même loi approximative.

Il semble donc que l'on est en droit de considérer ce principe comme général. Comment se fait-il que les dissolutions y échappent complétement? Deux hypothèses différentes peuvent être faites à ce sujet.

On peut supposer que cette anomalie est due à une cause purement physique. Les lois résultant des observations de MM. Regnault et Kopp se rapportent à l'état solide des corps composés. Peut-être ne sont-elles vraies que pour cet état.

Mais s'il en était ainsi, toutes les dissolutions devraient se comporter de la même manière, et présenter une diminution analogue de chaleur spécifique à mesure que la dilution augmente. Or, nous venons de voir qu'il n'en est pas ainsi. On constate quelquefois une augmentation de chaleur spécifique; dans d'autres cas, elle se maintient sensiblement égale à celle des liquides mélangés. La nature chimique des corps exerce évidemment une grande influence sur ces phénomènes; il faut donc qu'ils aient une cause chimique.

On est conduit par là à cette seconde hypothèse. La chaleur spécifique d'une dissolution devrait toujours être égale à la somme des chaleurs spécifiques des corps mélangés, sauf les petites variations qui résultent d'une mo-

dification des propriétés physiques (cohésion, dilatabilité, etc.). Mais la plupart des dissolutions présentent une constitution chimique fort instable et qui varie, soit avec le degré de dilution, soit avec la température. Toute variation de température entraîne donc un changement de constitution chimique, un travail chimique qui est lui-même la source d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur. Cette chaleur absorbée ou fournie par l'action chimique, augmente nécessairement ou diminue d'autant celle que l'on doit transmettre à la dissolution pour en faire varier la température, et par conséquent sa chaleur spécifique apparente. La différence entre la chaleur spécifique d'une dissolution et la somme de celle de ses éléments serait donc la preuve et, d'une manière approximative, la mesure du travail produit par la réaction chimique qu'a déterminée le changement de température du liquide.

On devrait conclure de là, par exemple, que, lorsqu'on chauffe un mélange d'eau et d'alcool, il se produit entre ces corps une réaction qui absorbe de la chaleur, tandis que les dissolutions de tous les composés du genre salin subissent, quand on élève leur température, une transformation chimique qui dégage de la chaleur. Certaines dissolutions, enfin, comme les dissolutions aqueuses d'ammoniaque et de sucre, et les dissolutions des corps simples dans le sulfure de carbone, ne présenteraient aucun changement dans leur constitution chimique à des températures différentes.

Ce serait trop s'aventurer dans le domaine de l'hypothèse que de vouloir préciser la nature des réactions chimiques que peut déterminer le changement de température d'une dissolution. Il se peut qu'elles ne portent que sur

l'état de combinaison plus ou moins intime du dissolvant et du corps dissous; mais il se pourrait aussi qu'elles fussent d'une nature plus profonde, et atteignissent dans certains cas la composition même du corps dissous; que, par exemple, un chlorure se transformât en un chlorhydrate d'oxyde. Mais il est certain que si l'on fait deux classes, dont la première renferme les corps dont la dissolution entraîne un changement considérable dans les chaleurs spécifiques, tandis que la seconde comprenne ceux qui n'en éprouvent pas, on remarque que ces derniers sont de telle nature qu'il est impossible de supposer qu'ils éprouvent aucune altération dans leur constitution chimique, et que rien ne semble indiquer qu'ils puissent former des combinaisons définies avec le dissolvant [1], tandis qu'on ne pourrait en dire autant des composés salins, acides ou basiques, qui appartiennent tous à la première classe.

Au reste, je n'ai pas la prétention d'être le seul, ou le premier qui ait eu recours à cette hypothèse. Je ne saurais dire où l'on en retrouverait la première origine. Mais je vois la même idée énoncée par M. Pfaundler dans une première note [1] sur les chaleurs spécifiques des trois premiers hydrates de l'acide sulfurique. Ayant constaté que l'addition d'une première molécule d'eau à l'acide monohydraté augmente la chaleur moléculaire d'une quantité égale à celle de l'eau ajoutée, tandis que l'addition d'une

[1] L'ammoniaque qui, d'après les expériences de M. Thomsen, appartient à cette seconde classe, semble, au premier abord, échapper à cette observation, car son rôle chimique rendrait probable sa combinaison avec l'eau, mais cependant les propriétés de sa dissolution, sa décomposition totale par l'évaporation spontanée ont toujours fait rejeter l'idée qu'elle pût être considérée comme une combinaison.

[1] *Journal für praktische Chemie*, tome CI, p. 507.

seconde molécule ne donne lieu qu'à une augmentation presque moitié moindre, il en conclut que l'action de la chaleur détermine probablement une modification chimique dans la dissolution à trois molécules d'eau, qui en change la chaleur spécifique apparente.

C'est en poursuivant la même hypothèse que ce savant a proposé, plus récemment[1], l'étude des chaleurs spécifiques des combinaisons et de leurs éléments comme moyen de déterminer le degré de dissociation qu'elles éprouvent par la chaleur. Il est vrai que je ne puis partager son opinion sur les résultats que l'on pourrait attendre de cette étude, car son calcul repose sur un principe dont rien ne démontre l'exactitude, savoir que la chaleur, dégagée par la combinaison totale de deux corps, resterait la même pour toute température.

Il faut bien reconnaître d'ailleurs que cette hypothèse d'un changement de constitution chimique des dissolutions suivant la température soulève une grande difficulté. Elle rend très-facilement compte de ce qui se passe pour un mélange d'eau et d'alcool; la combinaison de ces deux corps dégage de la chaleur, il semble très-naturel d'admettre que l'élévation de température du mélange détermine une dissociation qui devra nécessairement absorber de la chaleur et, par conséquent, augmenter la chaleur spécifique apparente. Il est difficile de comprendre, au contraire, que l'élévation de température d'un mélange d'eau et d'acide sulfurique détermine une action chimique qui dégage de la chaleur, c'est-à-dire une combinaison plus intime.

Je ne pense pas, cependant, que cette difficulté doive faire rejeter d'avance cette hypothèse comme sans fonde-

[1] *Zeitschrift für Chemie*, Iahrg. XIII, p. 66.

ment, et il m'a paru utile d'énoncer ou de rappeler ces idées théoriques à un moment où plusieurs savants dirigent leurs recherches sur ces questions.

J'ajouterai encore une considération qui me semble bien démontrer l'existence de ce travail chimique intérieur, déterminé par le changement de température de certaines dissolutions.

Comparons l'eau et une dissolution saline, celle du chlorure de sodium, par exemple. Celle-ci est moins compressible que l'eau ; il faut donc consommer plus de travail pour produire un même changement de volume sans variation de température. Mais, d'un autre côté, cette dissolution présente un coefficient de dilatation bien supérieur à celui de l'eau et une chaleur spécifique moindre. Il faut donc, pour ces deux raisons, une bien moindre quantité de chaleur pour produire le même changement de volume, lorsqu'il y a en même temps élévation de température. Ces deux faits, en apparence contradictoires, ne peuvent s'expliquer qu'en admettant qu'un travail chimique intérieur, déterminé par l'élévation de température, a fourni lui-même une partie de la chaleur nécessitée par la dilatation.

Dans un prochain article, j'exposerai les résultats de l'étude que j'ai faite des densités et des dilatations des dissolutions aqueuses, dont la chaleur spécifique a été déterminée dans ce Mémoire.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Notice sur des observations thermométriques récentes faites dans quelques stations de Syrie et de Palestine.

Il s'est organisé à Londres, en juin 1865, une Société pour l'exploration de la Palestine, patronée par la Reine, et à la tête de laquelle se trouvent des membres du haut clergé anglican, de la noblesse et du Parlement. Des hommes de science, des ecclésiastiques, des laïques anglais et quelques notabilités israélites en font aussi partie. Cette Société, présidée par l'archevêque d'York, a pour objet l'étude approfondie de la Palestine, sous le rapport de l'archéologie, de la topographie, de la géologie, de la géographie physique et de l'histoire naturelle, ainsi que de l'histoire, des mœurs et coutumes de ses habitants, dans le but principal de concourir aux travaux et documents relatifs à la Bible. Elle a obtenu, par voie de souscriptions, des sommes considérables, en étendant son action sur la Grande-Bretagne, soit par le moyen d'associations auxiliaires instituées dans un grand nombre de localités, soit par des séances publiques qui y sont tenues pour exposer l'objet et les travaux de la Société. Cela lui a permis d'envoyer, à ses frais, dans la Terre-Sainte, des ingénieurs anglais, distingués par leurs connaissances et zélés pour cette œuvre, qui ont effectué ou dirigé les recherches diverses tendant au but de la Société.

La première expédition de ce genre a eu lieu vers la fin de 1865; elle a duré six mois, sous la direction du capitaine Wilson et du lieutenant Anderson. Le lieutenant Warren, actuellement capitaine, a ensuite poursuivi activement l'œu-

vre de la Société depuis la fin de 1866. Il a fait faire des fouilles fort étendues sous les immenses masses de débris existant actuellement à Jérusalem : il a fait de nombreuses excursions dans le pays, où ont été effectués aussi des travaux topographiques, et a encouragé l'exécution d'un grand nombre de vues photographiques de ces contrées, faites aux frais de la Société, et qui se vendent à son profit à Londres, à son bureau, 9, *Pall Mall East*. Il y avait déjà 349 de ces vues en vente dans les premiers mois de 1869.

On a commencé, à la même époque, la publication trimestrielle en anglais de *Statements*, soit documents, par cahiers in-8° d'une soixantaine de pages chacun, et dont il y a déjà six numéros, renfermant les détails des opérations de la Société, de ses assemblées et rapports annuels, des lettres de M. Warren, et un grand nombre de notices diverses, intéressantes, concernant la Palestine et la Syrie, accompagnées quelquefois de plans et de figures. Je citerai en passant, en fait de notices scientifiques :

Statement n° 3, p. 74, une Table des longitudes et latitudes des lieux situés entre Jérusalem et Banéas, y compris les monts Gerizim, Ebal et Thabor, et les villes de Jérusalem, de Nazareth et de Tibériade. Cette Table résulte des observations faites, en 1866, par le capitaine Wilson et le lieutenant Anderson. La position qui y est donnée de la croix de la cathédrale de Jérusalem (bâtiments russes) est de 31° 47′ en latitude nord, et de 35° 14′ en longitude à l'est de Greenwich.

N° 4, p. 141, un article sur les Coléoptères de la Palestine.

N° 6, p. 307 (cahier de mars à juin 1870), une Table des hauteurs au-dessus du niveau moyen de la mer Méditerranée de 150 localités situées à l'est du Jourdain, résultant d'un nivellement barométrique, effectué en 1867 par le capitaine Wilson, du pays compris entre la mer Méditerranée et la mer Morte. Il s'y trouve plusieurs sommités élevées de plus de 3000 pieds anglais au-dessus du niveau de la mer Médi-

terranée, tandis que celui de la mer Morte est à 1292 pieds au-dessous de ce même niveau.

Les Notices sur lesquelles je me propose d'entrer ici dans quelques détails se rapportent à la météorologie, et se trouvent dans les *Statements* nos 3, 4 et 5. Elles sont publiées par M. James Glaisher, savant anglais attaché spécialement, depuis bien des années, sous la direction de M. Airy, au département météorologique et magnétique de l'Observatoire de Greenwich, et très-connu, entre autres, par ses nombreuses ascensions aérostatiques scientifiques.

La principale de ces notices (n° 4: p. 126) comprend les résultats de dix années d'observations météorologiques, faites à Beyrout de 1845 à 1854 par M. Henri Heald, et communiquées à M. Glaisher par M. Jackson Eldridge, consul général d'Angleterre en Syrie.

Beyrout est une ville de Syrie, située au pied du Mont-Liban, à environ un quart de mille de la mer Méditerranée, à 33° 54′ de latitude boréale, et à 35° 29′ de longitude à l'est de Greenwich. Les observations thermométriques dont il s'agit ont été faites avec soin, à 8 $^{1}/_{2}$ h. du matin et 6 h. du soir, à une hauteur d'environ 160 pieds au-dessus du niveau de la mer. M. Glaisher en a pris les moyennes mensuelles et annuelles, ainsi que celles des *maxima* et *minima* de température, observés aux mêmes heures chaque mois. Sa Notice renferme un tableau des moyennes de ces trois résultats, pour chaque mois et chaque année, en degrés de l'échelle de Fahrenheit. Un autre tableau contient les amplitudes mensuelles de température, ou les différences moyennes entre les valeurs extrêmes observées chaque mois. Je me bornerai à rapporter ici les moyennes générales de ces deux tableaux, réduites en degrés centigrades, en y joignant aussi les nombres moyens de jours de pluie mensuels et annuel.

Résultats de dix années d'observations à Beyrout.

	Températures en degrés Centigrades		
	Moyennes mensuelles	Amplitudes moyennes mensuelles	Jours de pluie
Janvier.....	14°,1	7°,2	11
Février.....	14 ,8	8 ,6	11
Mars.......	17 ,4	12 ,1	9
Avril.......	19 ,6	10 ,2	5
Mai........	22 ,9	8 ,6	2
Juin.......	25 ,6	5 ,2	1
Juillet......	28 ,3	3 ,7	0
Août.......	28 ,5	3 ,1	1
Septembre..	27 ,6	4 ,6	1
Octobre.....	25 ,4	6 ,7	3
Novembre...	19 ,8	8 ,4	7
Décembre...	16 ,4	7 ,5	12
Année......	21°,7	7°,1	63

La température du mois le plus froid, pendant ces dix ans, a été de 12 degrés centigrades en février 1849, et celle du mois le plus chaud de 28°,9 en août 1853.— La moyenne de l'hiver est de 15°,1 : celle de l'été est de 27°,5. L'amplitude thermométrique est très-petite en juillet et août.

Les *Statements* n°s 3 et 5 contiennent aussi des notices de M. Glaisher, sur dix mois d'observations météorologiques, faites à Beyrout par M. Eldridge, à 9 h. du matin et à 10 h. du soir, de novembre 1868 à janvier 1870, avec lacunes en mars et d'août à novembre 1869. L'observateur possédait alors, outre le thermomètre ordinaire et celui à boule mouillée, des thermomètres à *minimum* et à *maximum*, dont la moyenne diurne s'accordait, à très-peu de chose près, avec celle des observations de 9 h. du matin et de 10 h. du soir faites avec le thermomètre ordinaire. La plus basse température indiquée par les thermomètres à index a été celle de 11°,1 en décembre 1868, et la plus élevée de 35° en juillet

1869. Le point où se dépose la rosée est au-dessous de la température de l'air ambiant d'environ 2°.8 en hiver et de 5°.5 en été. La force élastique de la vapeur est en janvier environ la moitié de ce qu'elle est en juin et juillet.

M. Eldridge a fait, aux mêmes heures, des observations barométriques. Il était pourvu aussi d'un pluviomètre, et voici les quantités de pluie qu'il a recueillies et le nombre des jours pluvieux pendant quelques mois.

		Pluie en pouces anglais	Nombre des jours de pluie
1868	Novembre...	9p,22	15
»	Décembre...	12 ,48	22
1869	Janvier......	9 ,21	19
»	Février......	5 ,19	14
»	Avril........	1 ,31	8
»	Mai..........	0 ,29	3
»	Décembre...	2 ,21	9
1870	Janvier......	4 ,77	11

Il n'y a point eu de pluie en juin et juillet; mais dans les quatre mois de novembre 1868 à février 1869, il est tombé à Beyrout, d'après le tableau précédent, 36 pouces d'eau en 70 jours. Il en tombe quelquefois de 1 à 2 $^{3}/_{4}$ pouces par jour, et il en est tombé 7 pouces du 1er au 3 novembre 1868.

Quant aux vents qui règnent à Beyrout, les observations qui en ont été faites prouvent que ce sont ceux du sud et de l'ouest qui y dominent; ceux du nord y sont peu fréquents, sauf en juillet et août, où règne souvent le nord-ouest. Ceux d'est et de sud-est sont les plus rares. Le vent sec et chaud du Scirocco y règne quelques jours de suite, en toute saison, mais surtout au printemps. Il y a eu des nuées de sauterelles à Beyrout le 13 avril 1845, de la grêle le 29 novembre 1868 et le 10 décembre 1869. Les orages n'y sont pas rares en hiver et au printemps.

Je citerai encore ici quelques résultats, déduits plus en dé-

tail par M. Glaisher, d'observations thermométriques faites passagèrement en d'autres stations de la même contrée.

Quatre mois d'observations, faites de mars à juin 1868, au Collége juif de *Ghazir* sur le Mont-Liban, à environ 1300 pieds au-dessus du niveau de la mer, ont donné 8° centigrades en mars pour *minimum* de température, et 34° en juin pour *maximum*.

A *Olieh*, dans une autre station du Liban, la température moyenne des quatre mois, de juillet à octobre 1868, résultant de quatre observations faites de jour, a été de 23°,1; celle d'août s'étant élevée en moyenne à 25°,4, et celle de septembre à 21°,4. L'air paraît y être beaucoup plus sec qu'à Beyrout.

Onze mois d'observations, faites à 9 h. du matin, à *Jaffa* en Syrie, à la latitude de 32°, par M. Kayat, vice-consul anglais, de septembre 1868 à septembre 1869, donnent 20°,3 pour la température moyenne approximative de ce port sur la Méditerranée. Les mois de novembre et décembre 1868 et une moitié de juillet 1869 y manquent. La plus grande hauteur du thermomètre y a été de 34°,8 en octobre, et la plus basse de 4°,4 en janvier et février 1869.

Six mois d'observations à *Gaza* en Syrie, faites à 9 h. du matin, d'avril à septembre 1869, donnent pour moyenne température dans cet intervalle de temps environ 24°, le *maximum* y ayant été en mai, à cette heure-là, de 38°,6, et le *minimum* en avril de 9°,2.

Enfin, cinq mois d'observations à *Nazareth* en Galilée, à la latitude de 32°43′ et à la longitude de 35°18′ à l'est de Greenwich, faites à 9 h. du matin par le Dr Varton, de mai à septembre 1869, donnent 24°,3 pour la température moyenne de cette localité à cette époque, avec des valeurs extrêmes de 8°,5 en mai et de 42°,2 en juin.

Je n'ai pas trouvé d'observations, en ces cinq dernières stations, consignées ni dans la grande Table de températures publiée par M. Dove dans les *Mémoires de l'Académie de Ber-*

lin pour 1846, ni ailleurs; mais la Table de M. Dove contient le résultat d'observations faites à Beyrout par M. de Forest, missionnaire américain, en divers mois des années 1842 à 1845, au lever du soleil, à 2 h. de l'après-midi et de 8 à 9 h. du soir. Les valeurs moyennes que M. Dove en a déduites, réduites en degrés centigrades, sont les suivantes :

Année 20°,8; hiver 13°,5; été 26°,6.

Elles indiquent, comme on le voit, une température un peu inférieure à celle résultant de dix années, dont j'ai rapporté plus haut les résultats d'après M. Glaisher.

J'insérerai encore ici, comme points de comparaison, les températures moyennes de quelques autres stations de la région méditerranéenne ou de ses environs, tirées de la Table de M. Dove et réduites en degrés centigrades.

	Année	Hiver	Été	Latitude
Bagdad........	23°,2	9°,8	34°	33°.21′
Le Caire	22 ,3	14 ,7	29 ,5	30 .2
Tunis.........	20 ,4	13 ,2	28 ,3	36 .48
Catane	19 ,6	12 ,6	26 ,9	37 .30
Alger	17 ,9	12 ,4	23 ,6	36 .47
Constantine....	17 ,2	10 ,2	26 ,6	36 .20
Barcelone.....	17 ,2	10 ,1	25 ,0	41 .23
Jérusalem	17 ,0	9 ,8	23 ,3	31 .47

La hauteur de Jérusalem au-dessus du niveau de la mer est évaluée à 2500 pieds dans la Table de M. Dove.

A. G.

M. Woolcott Gibbs, professeur à l'Université de Harvard. Sur les liquides doués d'un haut pouvoir dispersif. (*Silliman's American Journal*, juillet 1870.)

Parmi les liquides dont on s'est servi jusqu'à ce jour pour la construction des prismes, le bisulfure de carbone est incontestablement celui qui tient la première place. Aussi, par

une convention tacite, un prisme de 60° rempli de ce liquide, a-t-il été adopté comme une sorte d'étalon. Cependant le bisulfure présente aussi certains inconvénients bien connus, et l'auteur, à la suite d'essais nombreux avec diverses autres substances, croit pouvoir le remplacer avec avantage par une dissolution de phosphore et de soufre dans ce même liquide.

Une solution de phosphore dans le bisulfure de carbone est douée, d'après MM. Dale et Gladstone, d'un pouvoir dispersif supérieur de près d'une fois et demie à celui du bisulfure seul ; mais ce liquide a l'inconvénient de devenir trouble lorsqu'on l'expose aux rayons solaires, par suite de la formation de phosphore amorphe. M. Gibbs a réussi à empêcher la formation de ce phosphore en ajoutant du soufre à la solution de phosphore dans le bisulfure de carbone. Le nouveau liquide ainsi observé est d'un jaune pâle, et reste parfaitement transparent sous l'action, même prolongée, des rayons solaires. L'auteur le prépare en dissolvant une partie de fleur de soufre bien desséchée avec deux parties de phosphore dans cinq ou six parties de bisulfure de carbone, et en filtrant ensuite le liquide à travers un filtre en papier parfaitement sec. Le pouvoir refringent et dispersif de la solution doit naturellement varier avec la quantité de phosphore et de soufre dissous. La totalité ou presque totalité du bisulfure de carbone peut être expulsée par une chaleur douce, laissant un composé liquide de soufre et de phosphore doué d'un pouvoir refringent tel, qu'on ne saurait l'employer avec des prismes ayant un angle refringent de plus de 45° à 50°. On peut obtenir un résultat analogue en ajoutant continuellement du phosphore à une solution saturée de soufre dans le bisulfure de carbone, liquide dans lequel le phosphore paraît être presque indéfiniment soluble. Avec une solution très-concentrée et probablement saturée de soufre dans CS_2, l'angle entre L *i* et D était de 0°.50'.10''. En ajoutant du phosphore, cet angle est devenu 2°.25'.30''. l'angle de réfraction

du prisme étant de 60°. Dans ce cas, l'angle Na et Na_2 était de 0°,2',20''. Le spectre était parfaitement distinct, la netteté des bandes obscures ne laissant rien à désirer. On a cependant constamment remarqué une absorption notable à l'extrémité violette du spectre, due à la couleur jaune du liquide employé.

L'auteur s'est servi dans ses expériences de prismes de verre creux, avec des disques refringents cimentés au moyen de colle forte et de mélasse. Au bout de plusieurs mois, ces prismes n'avaient éprouvé aucune détérioration. Il est à remarquer, cependant, que la solution de soufre et de phosphore s'enflamme spontanément par le contact d'une matière poreuse, telle que le bois ou le papier; c'est là son inconvénient principal. D'autre part, la présence d'une grande quantité de soufre tend à empêcher le développement de la combustion; une seule goutte, placée sur une pièce de bois, n'a fourni, après la combustion, qu'une tache noire charbonnée. Lorsqu'on ne se sert pas des prismes, l'auteur recommande de les tenir dans un vase de fer muni d'un couvercle fermant aussi hermétiquement que faire se peut. Il a pu ainsi conserver deux prismes en parfait état pendant un été exceptionnellement chaud. Il convient seulement de les bien secouer avant de s'en servir de nouveau. La nature visqueuse de la solution prévient, en grande partie, la formation de courants ascendants et descendants, qui sans cela auraient lieu à chaque variation de température. Dans le spectroscope dont se sert habituellement M. Gibbs, les prismes reposent sur une plaque de verre, au lieu d'une plaque de métal.

A. Kundt. Ueber das Absorptionsspectrum, etc. Sur le spectre d'absorption de l'acide hypoazotique liquide. (*Pogg. Ann.*, tome CXLI, p. 157.)

Ayant comparé les deux spectres d'absorption différents

de premier et de second ordre que donne l'acide hypoazotique, suivant qu'il est à l'état liquide ou à l'état gazeux, M. Kundt a reconnu que les bandes obscures du premier correspondent généralement aux groupes de raies les plus marquants dans le second. L'expérience se fait simplement en mettant un tube éprouvette contenant de l'acide hypoazotique liquide devant la fente du spectroscope que l'on a eu soin d'agrandir en enlevant le prisme de comparaison. Le niveau de l'acide dans le tube est réglé de façon à ce que la ligne de séparation des deux spectres tombe sur le milieu du champ de l'instrument. L'on peut, de la sorte, comparer le plus facilement du monde le spectre d'absorption produit par le liquide à celui que donnent les vapeurs qui s'en échappent, car ce dernier se trouve exactement superposé au premier.

M. Kundt ne se borne pas à constater cette coïncidence des bandes du spectre de premier ordre de l'acide hypoazotique avec les principaux groupes de raies du spectre de second ordre fourni par ses vapeurs : mais il met ce fait en parallèle des observations récentes à l'aide desquelles il a été établi que le spectre d'un gaz varie avec sa force élastique, et, en particulier, que les raies brillantes propres aux basses pressions, disparaissent peu à peu à mesure que l'on augmente la pression pour faire place à des champs lumineux plus ou moins étendus. Ce qui, dans les expériences faites sur les gaz traversés par la décharge électrique, se produit sous l'influence d'une variation de pression, serait ici le résultat d'un changement d'état.

Il serait intéressant d'étendre cette observation à un plus grand nombre de cas, et de s'assurer s'il y a réellement ici, comme dans les expériences de M. Wüllner, un passage graduel du spectre de second ordre au spectre de premier ordre.

E. S.

E. Reitlinger et M. Kuhn. Ueber spectra negativer Elektroden, etc. Sur les spectres fournis par les gaz a l'électrode négative et dans des tubes de Geissler modifiés par un long usage. (*Pogg. Annalen*, tome CXLI, p. 131.)

C'est M. Dove[1] qui a le premier constaté que le spectre d'un seul et même gaz traversé par la décharge électrique est absolument différent suivant que l'on analyse la lumière provenant de l'auréole négative ou celle qui émane de la portion positive du jet. Peu après, van der Willigen reprit la question et décrivit le spectre que donne l'auréole négative dans l'air raréfié[2], lequel est caractérisé essentiellement par trois maxima d'intensité lumineuse.

Le but du présent travail était d'étendre ces recherches à un certain nombre d'autres gaz, de comparer ces différents *spectres négatifs* (spectres de ces gaz à l'électrode négative) entre eux d'abord, puis avec ceux que donnent divers gaz ou vapeurs dans des tubes capillaires, enfin avec ceux que l'on observe dans des tubes de Plücker[3] modifiés par un long usage.

S'étant procuré trois tubes qui renfermaient l'un de l'azote, l'autre de l'hydrogène et un troisième de l'oxygène, raréfiés, les auteurs obtinrent avec le premier un spectre négatif identique à celui que van der Willigen avait observé en opérant sur l'air; avec le second un spectre présentant un seul maximum dans le vert-jaune; avec le troisième un spectre caractérisé par six maxima, dans le rouge, le vert-jaune, le vert, le vert-bleu, le bleu et le violet.

[1] *Poggend. Annalen*, 1858, tome CIV, p. 184. — *Archives*, 1858, tome III, p. 191.

[2] *Pogg. Annalen*, 1859, tome CVI, p. 626.

[3] Nous adoptons ici cette dénomination que M. Bertin, dans les *Annales de Chimie*, a proposé d'adopter pour les tubes de Geissler à étranglement capillaire destinés à l'analyse spectrale des gaz.

Après avoir relevé exactement et dessiné ces trois nouveaux spectres, MM. Reitlinger et Kuhn entreprirent de les comparer avec les spectres fournis par les parties capillaires de ces trois mêmes tubes et avec celui du mercure[1]. Voici ce qu'ils constatèrent : en premier lieu, au sujet du spectre négatif de l'azote, il se trouva que le maximum d'éclat situé dans le vert-jaune, coïncidait avec la raie la plus brillante du spectre fourni par la partie capillaire du tube à oxygène : tandis que le troisième maximum coïncidait avec une bande du spectre de l'azote. Quant au spectre négatif de l'hydrogène, le maximum unique qu'il présente ne trouva son correspondant dans aucun des autres spectres considérés ici. Enfin, pour ce qui est des maxima du spectre négatif de l'oxygène, le second (vert-jaune) occupait la place d'une raie du spectre normal de l'oxygène, le quatrième (vert-bleu) celle d'une raie de l'azote, et le dernier (violet) se trouva coïncider avec la raie violette du mercure. Cette raie du reste se voyait aussi, faiblement, dans le spectre négatif de l'azote. En dehors de cette ligne du mercure les trois spectres négatifs étudiés n'avaient pas de partie commune.

Les recherches des deux physiciens allemands ne se sont pas bornées aux spectres fournis par l'auréole négative de la décharge électrique dans ces trois gaz ; ils ont étudié également les modifications que subit le spectre d'un gaz enfermé dans un tube de Plücker lorsqu'il a été exposé très-longtemps au passage de la décharge. On se souvient de la curieuse observation que fit récemment M. Wüllner sur un tube à hydrogène[2], lequel, après lui avoir longtemps donné le spectre normal (de second ordre) de ce gaz, se transforma

[1] Les tubes dont il s'agit ici, comme les tubes de Geissler en général, avaient dû être préparés à l'aide de la pompe à mercure, et il s'agissait de voir si une portion de l'un ou de l'autre de ces spectres ne provenaient pas des vapeurs mercurielles demeurées mélangées au gaz après cette opération.

[2] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXV, p. 192.

tout d'un coup au point de donner un spectre continu semblable à celui qu'il observa plus tard en soumettant l'hydrogène à des pressions plus élevées. MM. Reitlinger et Kuhn ont obtenu également ce spectre dans un tube à hydrogène qui avait été traversé pendant un temps très-long par l'étincelle électrique : de plus ils ont constaté qu'il différait absolument de celui de l'azote et reconnu que M. Wüllner avait bien raison contre M. Dubrunfaut, en maintenant que c'était là réellement un spectre nouveau appartenant à l'hydrogène [2].

Mais en outre, ils ont constaté un fait du même genre avec un tube d'azote. Ayant en effet prolongé pendant un temps suffisamment long le passage de l'étincelle dans ce tube, ils virent également s'accomplir dans l'apparence du jet qui le traversait une série de modifications dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, mais qui consistèrent en particulier en ce que dans la portion capillaire de rouge qu'il était le jet devint graduellement gris de lavende. A partir de ce moment-là le tube donna le même spectre dans toutes ses parties, et celui-ci se trouva être identique à très-peu près au spectre décrit par van der Willigen : le tube tout entier était arrivé à donner le spectre négatif de l'azote.

Le même fait se présenta pour l'hydrogène, c'est-à-dire que le spectre fourni par le tube à hydrogène modifié se trouva coïncider presque exactement avec le spectre négatif de ce gaz, il n'en différait du moins que par l'éclat relatif de certaines de ses parties.

Enfin, à côté de ces différentes observations, les auteurs viennent en terminant en ajouter une dernière concernant un tube préparé par eux-mêmes et renfermant de l'air non purifié. Ce tube donna dans sa partie capillaire les trois spectres de l'azote, de l'hydrogène et l'oxygène superposés, et à

[1] Voyez à ce sujet *Archives*, 1870, tome XXXVII, p. 262.

l'auréole négative un spectre à trois maxima d'intensité lumineuse lesquels, à première vue, semblaient constituer le spectre négatif de l'azote, mais qui en y regardant de plus près se trouvèrent être les trois raies $H\alpha$, $H\beta$ et $H\gamma$, de l'hydrogène affaiblies et étalées.

De tous ces faits, MM. Reitlinger et Kuhn croient pouvoir conclure que les anomalies que l'on observe dans les spectres des gaz en analysant la lumière qui émane soit de l'électrode négative, soit d'un tube modifié par un long usage, proviennent de la présence de corps étrangers et de leur inégale répartition dans l'intérieur du tube sous l'influence du courant. Pour ce qui est des tubes modifiés, les changements qu'ils subissent pourraient être amenés par diverses causes ; les impuretés pourraient provenir, en partie du moins, du verre, tandis que le gaz principal serait absorbé par les électrodes.

Cette manière de voir demande encore à être vérifiée et les auteurs annoncent qu'ils se chargeront de démêler eux-mêmes, dans les spectres modifiés, les éléments qui pourraient provenir de corps étrangers. En tous cas, ils n'entendent nullement contester l'existence des spectres multiples des corps, laquelle paraît maintenant bien démontrée, mais ils cherchent à établir qu'un certain nombre de ces modifications, qui n'ont encore été étudiées, jusqu'ici, que d'une manière superficielle, ne méritent pas d'être considérées comme des spectres distincts et ne sont que des altérations de l'une ou de l'autre des formes différentes que peut revêtir le spectre d'un corps.

E. S.

J. Parnell. Sur une nouvelle substance fluorescente. (*Phil. Magaz.*, août 1869, p. 137 ; *Pogg. Ann.*, tome CXXXIX, p. 350.)

La nouvelle substance fluorescente découverte par M. Parnell, et qui a été appelée par lui *fluoraniline*, s'obtient

comme produit secondaire dans la préparation du rouge d'aniline avec de l'aniline et du chlorure de mercure. En broyant la masse qui résulte de cette réaction, l'additionnant d'un peu d'eau, et lavant avec de l'éther, l'on a une dissolution de fluoraniline, qui présente au plus haut degré le phénomène de la fluorescence. La masse ayant une consistance pâteuse, le lavage à l'éther ne se fait qu'imparfaitement, aussi vaut-il mieux commencer par la dissoudre dans de l'acide chlorhydrique étendu, ajouter ensuite de l'ammoniaque en excès, et ne laver avec de l'éther qu'après cette double opération. Cette dissolution de fluoraniline dans l'éther devra être lavée avec de l'eau, jusqu'à ce qu'elle ne communique plus à celle-ci la moindre coloration rouge. Le liquide ainsi préparé, a alors une couleur vert-jaune et produit une fluorescence verte intense, tout à fait semblable à celle du vert d'urane. Évaporé à siccité, il donne comme résidu deux substances amorphes différentes, l'une rouge, l'autre orangée. C'est à cette dernière, paraît-il, que doit être attribuée la fluorescence de la dissolution.

La fluoraniline est presque insoluble dans l'eau froide, et peu soluble dans l'eau chaude. Elle est soluble dans les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique et acétique étendus; combinée avec eux, elle forme des liquides également fluorescents. La dissolution alcoolique est plus foncée, mais moins fluorescente.

L'auteur a découvert plus tard, dans le rouge d'aniline préparé avec le chlorure de zinc, une autre substance tout à fait voisine de la fluoraniline, et présentant une fluorescence bleue. E. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1870.

Le 3, un peu de brouillard le matin, puis clair.

4, un peu de brouillard le matin, puis clair; forte rosée le matin.

5, un peu de brouillard le matin, puis clair; forte rosée le soir.

6, id. id. id. id.

7, forte rosée le matin, faible halo lunaire dans la soirée.

9, éclairs et tonnerres de 11 h. 40 m. à midi 15 m.; direction de l'orage de l'Ouest à l'Est. L'orage a été précédé d'un coup de vent du SO. extrêmement violent; à plusieurs autres reprises dans la journée, le vent du SO. a été très-violent.

10, la neige a pris pied sur les sommités du Jura, et elle ne disparait que dans la journée du 13.

12, gelée blanche le matin, la première de la saison; le minimum s'est également abaissé au-dessous de 0°, pour la première fois.

16, brouillard le matin, puis clair. Neige fraîche sur le sommet du Môle.

19, forte rosée le matin.

21, neige sur les montagnes des environs, jusqu'à la hauteur du Grand-Salève.

22, faible gelée blanche le matin.

23, halo solaire à plusieurs reprises dans la journée; la neige a disparu du sommet du Salève et des Voirons.

24, une aurore boréale a été aperçue pendant quelques minutes seulement, de 8 h. 25 m. à 8 h. 35 m., à travers une déchirure entre les nuages. Avant et après, le ciel était entièrement couvert.

26. éclairs au SO. depuis 7 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 4 à 8 h. matin	738,08
12 à 10 h. matin	728,45
14 à 10 h. matin	728,37
16 à 8 h. matin	725,47
18 à 8 h. matin...........	730,62
22 à 8 h. matin...........	730,67
25 à 10 h. soir	723,90
27 à 10 h. matin...........	728,80
29 à 4 h. après m.	731,68

MINIMUM.

	mm
Le 9 à 11 h. matin	710,01
13 à 6 h. soir	725,11
15 à 8 h. soir	723,16
17 à 6 h. matin	722,18
21 à 2 h. après m.	724,46
23 à 8 h. soir	712,36
26 à 5 h. soir	717,69
28 à midi $^1/_4$	721,10
31 à 10 $^1/_2$ h. soir.........	721,79

GENÈVE. — OCTOBRE 1870.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	737,38	+10,66	+10,86	—1,43	+ 6,2	+15,5	7,42	—1,33	772	— 42	640	900	...	...	NNE. 1	0,43	15,6	— 0,2	139
2	737,01	+10,32	+10,49	—1,64	+ 5,0	+15,6	7,67	—1,01	809	— 7	650	920	...	...	N. 1	0,34	—	—	136
3	736,68	+10,02	+ 9,97	—2,00	+ 3,0	+15,2	7,88	—0,73	847	+ 30	680	1000	...	...	variable	0,15	15,6	+ 0,1	134
4	737,09	+10,46	+ 9,70	—2,11	+ 3,9	+15,3	8,10	—0,44	886	+ 67	740	960	...	...	N. 1	0,24	15,4	0,0	133
5	735,08	+ 8,48	+ 9,27	—2,38	+ 4,2	+14,9	8,31	—0,16	937	+117	720	1000	...	...	N. 1	0,41	15,1	— 0,2	132
6	730,65	+ 4,08	+ 9,63	—1,86	+ 3,2	+16,4	8,30	—0,10	906	+ 84	680	1000	...	...	variable	0,20	15,0	— 0,2	131
7	726,31	— 0,23	+12,72	+1,40	+ 3,7	+21,2	6,75	—1,58	637	—187	330	960	...	...	SSO. 1	0,21	15,3	+ 0,2	126
8	719,97	— 6,54	+14,76	+3,60	+ 7,9	+19,9	7,29	—0,97	594	—231	370	810	3,7	3	SSO. 2	0,83	14,9	+ 0,1	123
9	712,69	—13,80	+12,25	+1,26	+10,4	+17,7	8,53	+0,34	822	— 5	500	1000	62,6	13	SSO. 2	0,90	—	—	120
10	713,94	—12,53	+11,91	+1,08	+ 8,0	+16,3	7,77	—0,35	768	— 60	630	910	6,8	7	SO. 2	0,92	8,0	— 6,7	120
11	724,13	— 2,32	+ 6,54	—4,12	+ 4,0	+10,5	4,71	—3,34	681	—148	480	900	...	...	N. 1	0,19	8,0	— 6,6	120
12	727,18	+ 0,75	+ 7,12	—3,37	— 0,2	+12,9	6,65	—1,33	850	+ 20	610	990	3,3	4	variable	0,77	10,5	— 4,0	120
13	725,82	— 0,59	+14,78	+4,46	+12,4	+17,4	8,30	+0,39	677	—154	510	760	3,5	4	SSO. 2	0,88	11,7	— 2,7	120
14	728,01	+ 1,62	+12,48	+2,33	+ 9,9	+17,2	7,00	—0,83	675	—157	430	800	...	...	SO. 1	0,52	11,6	— 2,7	122
15	724,69	— 1,68	+ 7,34	—2,64	+ 5,0	+10,6	7,39	—0,36	965	+132	860	1000	16,4	10	variable	0,99	9,8	— 4,3	122
16	724,72	— 1,64	+ 9,09	—0,72	+ 5,6	+16,1	6,35	—1,32	771	— 63	440	1000	...	...	variable	0,58	—	—	123
17	723,43	— 2,93	+ 7,97	—1,67	+ 4,2	+11,5	7,04	—0,55	885	+ 50	680	980	11,6	10	SSO. 1	0,97	11,8	— 2,1	126
18	729,63	+ 2,27	+ 7,89	—1,58	+ 4,4	+12,8	6,02	—1,49	785	— 51	430	990	...	...	SSO. 1	0,08	12,7	— 1,0	126
19	727,82	+ 1,47	+11,51	+2,21	+ 2,3	+17,5	6,56	—0,87	651	—185	400	920	...	...	SO. 1	0,59	12,5	— 1,1	125
20	725,38	— 0,97	+ 9,75	+0,62	+ 6,7	+14,5	6,79	—0,56	789	— 48	600	870	10,4	9	SSO. 1	0,84	11,8	— 1,7	125
21	724,96	— 1,39	+ 6,03	—2,93	+ 5,1	+ 8,1	5,68	—1,59	837	0	710	920	8,6	9	SO. 2	1,00	10,9	— 1,5	125
22	729,39	+ 3,04	+ 6,41	—2,38	+ 1,8	+13,9	5,61	—1,58	801	— 37	540	980	...	...	N. 1	0,26	9,5	— 3,7	122
23	718,36	— 7,98	+10,59	+1,98	+ 1,8	+16,6	5,52	—1,59	598	—240	340	880	4,8	4	SSO. 2	0,78	—	—	120
24	715,20	—11,14	+ 8,15	—0,29	+ 6,5	+12,0	5,72	—1,31	731	—108	580	900	8,5	6	SSO. 2	0,97	8,9	— 4,1	118
25	722,75	— 3,59	+ 9,41	+1,14	+ 5,9	+14,0	7,73	+0,78	863	+ 24	720	990	10,5	11	SO. 2	1,00	7,7	— 5,1	120
26	720,26	— 6,08	+14,36	+6,26	+ 9,1	+18,3	8,01	+1,14	674	—166	530	810	4,6	3	SSO. 2	0,82	8,3	— 4,4	120
27	727,23	+ 0,89	+ 7,53	—0,39	+ 6,1	+ 9,8	5,77	—1,02	767	— 73	570	820	5,8	8	SO. 2	0,94	6,7	— 5,9	120
28	723,71	— 2,63	+ 8,24	+0,49	+ 6,2	+10,8	6,48	—0,24	825	— 16	620	890	11,1	10	SSO. 3	0,99	6,7	— 5,7	130
29	731,14	+ 4,79	+ 7,00	—0,57	+ 5,4	+ 9,7	6,67	+0,02	903	+ 62	800	970	6,8	12	variable	1,00	6,6	— 5,7	150
30	728,23	+ 1,88	+ 8,58	+1,18	+ 7,1	+10,9	8,00	+1,42	981	+139	870	1000	10,3	13	variable	0,97	—	—	155
31	726,44	+ 0,09	+10,24	+3,01	+ 8,1	+14,0	8,04	+1,53	865	+ 23	680	920	8,0	12	SSO. 2	1,00	7,8	— 4,2	156

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,42	729,59	729,41	728,85	728,04	727 55	727,74	728,25	728,59
2e «	725,86	726,41	726,51	726,32	725,82	725,68	725,82	726,12	726,35
3e «	724,81	724,97	724,85	724,22	723,91	723,70	723,71	724,36	724,85
Mois	726,64	726,92	726,86	726,39	725,86	725,58	725,69	726,18	726,54
Température.									
	0		0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,47	+ 8,98	+12,71	+14,36	+15,77	+15,38	+13,74	+11,43	+10,08
2e «	+ 6,74	+ 8.54	+11,33	+12,00	+12,60	+11,77	+10,43	+ 9,43	+ 8,94
3e «	+ 7,41	+ 7,48	+ 9,65	+10,53	+10,63	+10,41	+10,36	+ 9,39	+ 8,80
Mois	+ 6,89	+ 8,31	+11,18	+12,24	+12,92	+12,45	+11,47	+10,06	+ 9,26
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,81	7,26	8,22	8,13	8,01	8,44	8,38	8,34	7,79
2e «	6,35	6,83	7,25	6,59	6,43	6,60	7,03	7,06	7,16
3e «	6,33	6,51	6,63	6,62	6,81	6,98	7,07	7,00	7,11
Mois	6,49	6,86	7,34	7,10	7,08	7,33	7,48	7,45	7,35
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	933	860	761	691	609	658	718	837	851
2e «	858	824	724	643	603	643	753	807	839
3e «	815	834	751	714	722	751	757	795	836
Mois	867	839	745	684	647	686	743	813	842

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 5,55	+16,80	0,46	14,36	73,1	129,4
2e «	+ 5,43	+14,10	0,64	11,16	45,2	122,9
3e «	+ 5,74	+12,55	0,88	8,12	79,0	130,5
Mois	+ 5,58	+14,10	0,67	11,09	197,3	127,7

Dans ce mois, l'air a été calme 2,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,22 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 38°,8 O., et son intensité est égale à 71,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1870.

Le 1, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
8, id. toute la journée.
10, id. une partie de la journée.
11, id. jusqu'à midi et de 4 à 6 h. de l'après-midi.
16, id. jusqu'à 4 h. de l'après-midi.
17. id. une partie de la journée. La quantité de la neige tombée est trop petite pour pouvoir être mesurée.
18, id. jusqu'à 8 h. du matin.
20, id. jusqu'à midi.
21, id. à 6 h. du matin : la neige tombée dans la nuit du 20 au 21 n'est pas mesurable.
23, id. à peu près toute la journée.
25, id. une partie de la journée.
27, id. id.
28, La neige tombée dans la journée a été emportée par le vent.
30, brouillard tout le jour.
31, id. la plus grande partie de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. soir	574,55	Le 3 à 6 h. matin	572,95
4 à 10 h. soir	574,31	9 à 2 h. après m.	553,70
12 à 6 h. soir	565,55	13 à 6 h. soir	564,03
14 à 8 h. soir	565,30	16 à 6 h. matin	559,56
19 à midi	566,46	21 à 2 h. après m.	559,08
22 à 8 h. matin	565,00	24 à 8 h. matin	551,95
26 à 8 h. matin	563,63	28 à 2 h. après m.	557,53
29 à 6 h. soir	566,57	31 à 10 h. soir	561,17

SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1870.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	573,98	+ 8,12	572,77	574,55	+ 0,58	— 0,93	— 0,8	+ 3,0	.....	.....	....	SO. 1	0,42
2	573,41	+ 7,64	573,19	573,77	+ 1,39	+ 0,03	— 2,4	+ 5,2	.....	.....	....	SO. 1	0,11
3	573,28	+ 7,60	572,95	573,84	+ 3,82	+ 2,61	— 0,4	+ 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0,00
4	573,97	+ 8,38	573,56	574,31	+ 5,35	+ 4,29	+ 2,4	+ 8,4	.....	.....	....	SO. 1	0,00
5	572,45	+ 6,95	571,65	573,33	+ 4,01	+ 3,10	+ 2,2	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,00
6	568,79	+ 3,38	567,97	569,87	+ 2,41	+ 1,65	+ 1,0	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
7	565,29	— 0,03	564,73	566,13	+ 1,68	+ 1,07	— 0,1	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,07
8	561,63	— 3,61	559,98	563,23	— 0,08	— 0,55	— 2,4	+ 3,2	47	6,6	2	SO. 2	0,94
9	554,43	—10,72	553,70	556,05	— 0,93	— 1,25	— 2,8	+ 1,8	200	59,4	20	NE. 1	0,99
10	554,35	—10,71	553,93	554,93	— 1,22	— 1,39	— 4,2	+ 3,2	210	18,1	16	NE. 1	0,93
11	559,65	— 5,32	557,13	561,72	— 6,61	— 6,63	— 8,4	— 4,5	60	7,0	6	NE. 1	0,64
12	564,78	— 0,10	562,83	565,55	+ 0,32	+ 0,46	— 9,2	+ 4,0	.....	11,5	4	variable	0,67
13	564,46	— 0,33	564,03	565,03	+ 1,91	+ 2,21	— 0,8	+ 4,1	.....	.....	....	NE. 1	0,74
14	564,86	+ 0,16	564,11	565,30	— 2,31	— 1,86	— 3,8	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,12
15	562,49	— 2,12	560,63	564,22	— 2,03	— 1,43	— 2,8	+ 0,3	120	8,7	10	SO. 1	0,84
16	560,55	— 3,97	559,56	561,49	— 5,19	— 4,44	— 6,5	— 3,2	.....	.....	....	NE. 2	0,65
17	561,64	— 2,80	561,29	562,16	— 3,43	— 2,52	— 4,2	— 1,8	.....	.....	....	SO. 1	0,68
18	565,29	+ 0,93	564,33	566,27	— 3,38	— 2,31	— 5,6	— 1,0	.....	.....	....	NE. 1	0,21
19	566,10	+ 1,82	565,80	566,46	+ 0,13	+ 1,35	— 0,8	+ 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0,24
20	562,57	— 1,63	561,71	564,50	— 2,73	— 1,36	— 5,2	+ 0,4	150	18,4	12	NE. 1	0,98
21	559,53	— 4,59	559,08	560,97	— 6,63	— 5,11	— 9,2	— 3,8	.....	.....	....	NE. 2	0,14
22	564,55	+ 0,51	564,00	565,00	— 3,80	— 2,13	— 7,3	+ 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,80
23	558,92	— 5,04	556,35	562,43	— 2,39	— 0,56	— 4,6	0,0	80	10,5	12	SO. 1	0,98
24	553,07	—10,81	551,95	555,55	— 5,83	— 3,85	— 7,5	— 3,0	180	35,6	14	variable	0,93
25	559,47	— 4,33	556,15	561,91	— 2,99	— 0,86	— 8,0	0,0	60	7,5	10	NE. 1	0,98
26	561,25	— 2,47	559,68	563,63	+ 2,32	+ 4,60	— 2,4	+ 6,2	70	9,7	8	SO. 2	0,85
27	561,07	— 2,58	560,39	562,06	— 5,71	— 3,28	— 7,5	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,93
28	558,70	— 4,88	557,53	560,20	— 5,53	— 2,95	— 6,3	— 3,8	200	18,4	22	NE. 2	1,00
29	564,65	+ 1,14	563,02	566,57	— 5,32	— 2,59	— 7,8	— 3,4	.....	.....	....	NE. 2	0,93
30	564,41	+ 0,97	563,87	565,33	— 1,51	+ 1,37	— 3,0	0,0	35	12,3	6	NE. 2	0,92
31	563,25	— 0,12	561,17	564,63	0,00	+ 3,02	— 1,2	+ 2,6	40	18,2	8	NE. 1	0,97

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1870.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,53	567,64	567,61	567,36	567,05	566,93	566,95	566,96	566,96
2e »	562,86	563,17	563,39	563,34	563,25	563,27	563,39	563,51	563,53
3e »	560,77	560,85	561,09	560,87	560,68	560,72	560,85	560,90	561,07
Mois	563,62	563,79	563,93	563,76	563,56	563,55	563,64	563,70	563,77

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 0,21	+ 1,34	+ 3,20	+ 4,04	+ 4,29	+ 3,50	+ 1,92	+ 0,99	+ 0,43
2e »	— 3,09	— 1,92	— 1,10	— 0,46	— 0,73	— 1,55	— 2,54	— 2,60	— 2,80
3e »	— 4,70	— 3,88	— 3,19	— 1,72	— 1,43	— 2,48	— 3,07	— 2,90	— 3,03
Mois	— 2,73	— 1,56	— 0,45	+ 0,55	+ 0,64	— 0,25	— 1,29	— 1,55	— 1,84

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 0,75	+ 4,73	0,35	84,1	457
2e »	— 4,73	+ 0,11	0,58	45,6	330
3e »	— 5,89	— 0,59	0,86	112,2	665
Mois	— 3,86	+ 1,35	0,60	241,9	1452

Dans ce mois, l'air a été calme 11,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,49 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 44,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

RECHERCHES

SUR

LES CHALEURS SPÉCIFIQUES

LES DENSITÉS ET LES DILATATIONS

DE QUELQUES DISSOLUTIONS

PAR C. MARIGNAC

Deuxième partie : DENSITÉS et DILATATIONS.

Ainsi que je l'ai annoncé dans la première partie de ce mémoire, j'ai tenu à comparer les changements de volume produits par la dilution des dissolutions aux variations de chaleur spécifique qui l'accompagnent. La comparaison des volumes à la température fixe de 0°, ne paraît pas convenable, les dissolutions étendues étant alors trop voisines du maximum de densité, et présentant, en conséquence, des anomalies dues à ce voisinage. D'un autre côté, il est difficile de déterminer les densités à une autre température fixe, à moins de déterminer, en même temps, la loi de dilatation entre les limites des températures atmosphériques. C'est pourquoi j'ai cherché à établir, pour chacune des dissolutions, les densités et les dilatations entre les limites de 0° et 30 à 35°.

Mes recherches, toutefois, n'ont porté que sur les dissolutions aqueuses, les appareils que j'avais fait construire dans ce but ne permettant pas de suivre la dilatation d'un liquide aussi dilatable que le sulfure de carbone.

Bien que ce travail embrasse un nombre de dissolutions trop peu considérable pour que l'on puisse espérer d'en tirer des conclusions générales de quelque importance, je pense qu'il peut y avoir quelque intérêt à en consigner ici les résultats, dans l'espérance qu'un jour on pourra les utiliser pour contrôler quelque essai de théorie sur la constitution moléculaire des dissolutions.

Sans doute nous possédons déjà un grand nombre de données sur les densités des dissolutions salines, et j'aurais pu en particulier, au moyen des précieuses tables publiées récemment par M. Gerlach [1], et dans lesquelles sont résumées les observations de MM. Schiff, Kremer, Gerlach, etc., calculer les densités correspondant aux diverses dissolutions dont j'avais déterminé les chaleurs spécifiques. Mais les données sur lesquelles reposent ces tables ne se rapportent pas à une même température pour toutes les substances ; il m'a paru d'ailleurs avantageux d'avoir les densités des dissolutions mêmes que j'avais employées, correspondant à des compositions définies parfaitement déterminées, plutôt que de les déduire de formules d'interpolation qui laissent toujours quelque chance d'incertitude.

J'ai fait usage, pour ces recherches, d'appareils thermométriques auxquels je donnerai, comme l'a fait M. H. Kopp, le nom de dilatomètres.

J'ai employé plusieurs appareils semblables. La capacité de leurs réservoirs a varié de 15 à 28 centimètres cubes, celle des divisions de la tige de 0,4 à 1,4 millimètre cube, et le rapport d'une division au volume total de $\frac{1}{14000}$ à $\frac{1}{50000}$. Comme on peut très-bien apprécier

[1] Fresenius, *Zeitschrift für analytische Chemie*, 8ter Jahrgang, p. 245.

$\frac{1}{150}$ de division, il en résulte que les variations de volume étaient appréciées pour le moins à $\frac{1}{140000}$ près.

Bien que ces appareils m'eussent été fournis par des constructeurs réputés, comme exactement calibrés, j'ai reconnu que je ne pouvais pas m'y fier entièrement, et j'ai dû étudier pour chacun d'eux la marche d'une colonne de mercure dans la tige, et établir ainsi pour chacun une table de correction. Ce travail me faisait connaître en même temps la capacité exacte des divisions de la tige.

Quant à la capacité des réservoirs, et au coefficient de dilatation propre à chaque appareil, je les ai déterminés par le poids et la mesure des volumes occupés à diverses températures par de l'eau distillée, bien pure et purgée d'air. Je me suis servi, pour ces déterminations, de la table des densités de l'eau, publiée par M. Rossetti [1], et calculée sur la comparaison des résultats obtenus par lui-même et par MM. Despretz, H. Kopp, Pierre, Hagen et Matthiessen.

L'emploi de dilatomètres de grande capacité permet de déterminer par une seule opération la densité et la dilatation d'un liquide ; mais il exige des précautions particulières pour la connaissance exacte de la température au moment de l'observation des volumes. L'appareil suivant m'a donné de très-bons résultats.

Quatre dilatomètres sont disposés en cercle, autour d'un thermomètre à mercure central, dans un vase cylindrique en zinc, contenant environ quatre litres d'eau. Un disque métallique percé de trous correspondant aux réservoirs de ces appareils est animé d'un mouvement ver-

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 4me série, XVII, p. 375.

tical alternatif, déterminé par un appareil mécanique, et entretient constamment l'uniformité de température dans ce réservoir. Il est d'ailleurs contenu dans un autre cylindre plus grand, contenant une dizaine de litres d'eau, au-dessous duquel on peut allumer un bec de gaz. Lorsqu'on éteint cette flamme, la température continue encore à s'élever pendant près de trois quarts d'heure dans le vase intérieur, mais à la fin d'une manière presque insensible, de manière que les divers appareils arrivent peu à peu à une température uniforme, malgré la différence de leur masse et de leur conductibilité; enfin, la température devient stationnaire et le demeure assez longtemps pour que l'on puisse observer, à deux reprises, tous les instruments, en noter les indications et constater leur invariabilité.

Il est clair que ce résultat était surtout facilité par le fait que mes observations étaient faites à des températures peu éloignées de la température ambiante. Mais j'ai pu employer le même appareil avec le même succès pour comparer des thermomètres jusqu'à des températures voisines de l'ébullition; il suffit pour cela de ne pas éteindre complétement la flamme du bec de gaz avant de faire une observation, mais de la diminuer seulement de manière que la température ne s'abaisse que très-lentement dans le cylindre extérieur.

Une précaution indispensable pour l'exactitude des résultats, est de commencer la série des observations en chauffant chaque appareil jusqu'à ce que le liquide atteigne le sommet du tube, puis de le soumettre à un refroidissement extrêmement lent, pour arriver à la température la plus basse à laquelle l'observation doit commencer. Moyennant cette précaution, l'erreur résul-

tant de l'adhésion du liquide aux parois du tube est tout à fait insignifiante. Il n'en est pas de même quand le liquide s'abaisse rapidement dans la tige, même lorsqu'on maintient ensuite pendant longtemps une basse température, le dilatomètre étant placé verticalement.

Chaque appareil était fermé, pendant la durée des observations, par un tube de caoutchouc bouché à son extrémité supérieure, assez long et assez mince pour que les variations de volume du liquide dans la tige ne donnassent pas lieu à des variations de pression sensibles.

Les résultats de ces observations seront indiqués plus loin pour chacune des dissolutions que j'ai étudiées. Mais je veux encore signaler ici quelques expériences que j'ai faites dans le but de m'assurer si une dissolution présente aussitôt après sa préparation son volume définitif, ou si l'on observerait pendant quelques heures ou quelques jours des variations de volume appréciables.

J'ai essayé d'abord de constater ce fait, en répétant à plusieurs reprises l'observation du volume à 0°. Ce serait bien, si dans l'intervalle cette même température était maintenue. Mais lorsqu'on laisse les appareils revenir à la température ordinaire, pour les ramener à 0° pour chaque observation, on est exposé à attribuer à des changements de volume les différences, très-faibles, il est vrai, mais quelquefois cependant appréciables, résultant de l'adhésion du liquide dans la tige si le refroidissement a eu lieu trop rapidement.

Aussi ai-je préféré ne faire ces essais que sur des dissolutions dont j'avais déjà déterminé exactement la loi de dilatation, et faire toutes les observations à la température ordinaire, en y apportant les corrections nécessaires pour les ramener toutes à une même température.

Il me paraît superflu de donner le détail de ces expériences dont le résultat a toujours été négatif. J'ai opéré sur des dissolutions de chlorure de sodium, d'acide sulfurique et de bisulfate de soude, tantôt en les préparant à froid, et les introduisant dans les dilatomètres au moyen du vide, tantôt en remplissant les appareils par l'ébullition. Une première observation était faite le plus rapidement possible, puis on la répétait de jour en jour pendant dix jours. Je n'ai jamais observé aucune différence dépassant la grandeur des erreurs possibles, c'est-à-dire 0,00002.

Une seule dissolution, celle du sulfate de soude, m'a présenté une fois un changement de volume dépassant la limite des erreurs admissibles, à la suite de la cristallisation et d'une nouvelle dissolution du sel dans l'intervalle des observations. On trouvera le détail de cette observation à propos de cette substance.

Dans le tableau des observations relatives à chaque dissolution, j'indique le poids P du liquide, corrigé pour le volume d'air déplacé, les volumes V correspondant aux températures t et corrigés de la dilatation du verre, les volumes relatifs, c'est-à-dire comparés au volume observé à 0° pris pour unité, et les densités rapportées à celle de l'eau à 4°. Les colonnes de résultats calculés se rapportent aux formules empiriques qui sont indiquées plus loin.

On a marqué d'une astérique les observations qui ont servi au calcul de ces formules.

Mon but étant seulement de pouvoir comparer les densités de toutes les dissolutions à une même température, je me suis borné à calculer des formules d'interpolation du second degré. Pour des dissolutions concentrées, elles représentent les observations avec une exacti-

tude très-suffisante entre 0 et 30°. Pour les dissolutions très-étendues, contenant 400 à 200 molécules d'eau, il n'en est plus de même, ces dissolutions étant trop voisines à 0° de leur maximum de densité. Dans ce cas, je n'ai pas fait servir l'observation faite à 0° pour le calcul de la formule, mais j'ai pris un point de départ un peu plus élevé, afin qu'elle représente plus exactement les observations à la température moyenne de 20° pour laquelle j'ai établi la comparaison des volumes moléculaires.

Acide sulfurique.

H^2O, SO^3.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
44g,072	0°	*23,7855	1,00000	1,00000	1,85289	1,85289
	9,67	9169	552	552	4271	4271
	13,47	9682	768	768	3877	3878
	18,01	*24,0288	1023	1023	3413	3413
	19,13	0435	1085	1086	3301	3299
	23,00	0949	1301	1301	2910	2908
43g,756	14,41	23,8087	820	821	3782	3781
	18,64	8650	1059	1058	3347	3349
	21,93	9084	1243	1242	3015	3016
	25,48	9547	1439	1439	2661	2660
	30,30	*24,0177	1705	1705	2182	2182

La dilatation n'a pu être suivie de 0 à 30° qu'en faisant deux séries d'observations, en faisant sortir pour la seconde une portion de liquide. Les poids trouvés directement pour les deux séries ont été 44g,071 et 43g,757. Mais comme l'erreur relative des deux pesées peut atteindre 0g,002, tandis que l'observation des volumes permet la plus grande exactitude, j'ai fait subir à chacun des poids observés une correction de 0g,001 en plus pour l'un et en moins pour l'autre, nécessaire pour

rendre identiques les densités dans les deux séries aux mêmes températures.

Je dois remarquer ici, et pour toutes les observations suivantes, que la mention faite de la cinquième décimale n'a aucune importance en ce qui concerne les densités absolues, puisque l'incertitude des pesées peut bien entraîner une erreur de deux unités sur la quatrième décimale. Mais pour ce qui concerne les rapports des densités, ou les volumes relatifs qui sont indépendants des pesées, je crois que l'erreur peut être évaluée au plus à deux unités sur la cinquième décimale, comme on peut en juger par l'accord des observations et du calcul pour toutes les dissolutions concentrées. L'accord est moindre pour les dissolutions étendues, parce que je me suis borné à calculer des formules empiriques du 2me degré, et qu'elles ne représentent pas avec une exactitude suffisante la dilatation de l'eau et des dissolutions aqueuses très-étendues.

$H^2O, SO^3 + 5 Aq.$

			Volumes relatifs		Densités	
P	*t*	V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
40g,908	0°	*28,6096	1,00000	1,00000	1,42987	1,42987
	9,67	7677	553	552	2201	2201
	13,47	8296	769	768	1896	1896
	18,01 *	9032	1026	1026	1534	1534
	19,13	9213	1089	1089	1446	1445
40,675[1]	14,41	6803	821	822	1822	1821
	18,64	7487	1062	1062	1485	1484
	21,93	8016	1248	1248	1225	1224
	25.48	8591	1450	1448	0943	0945
	30,30 *	9358	1720	1720	0570	0570

[1] Poids observé directement, 40,676.

$H^2O, SO^3 + 10$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*20,1904	1,00000	1,00000	1,27575	1,27575
	9,67	3051	568	566	6855	6856
25g,758	13,47	3498	790	789	6575	6577
	18,01 *	4033	1054	1054	6244	6244
	19,13	4165	1120	1120	6163	6162
	14,41	2148	841	843	6511	6508
	18,64	2646	1090	1091	6200	6198
25,574 [1]	21,93	3031	1282	1283	5961	5959
	25,48	3451	1491	1490	5701	5701
	30,30 *	4014	1772	1772	5354	5354

$H^2O, SO^3 + 15$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*23,7937	1,00000	1,00000	1,20381	1,20381
	8,10	9024	457	456	19833	19834
	10,55	9355	596	595	667	669
28g,643	15,70	*24,0047	887	887	322	322
	17,91	0350	1014	1013	172	174
	22,61	0983	1280	1280	18859	18859
	14,26	23,7832	1,00801	1,00805	1,19425	1,19419
	20,02	8611	1131	1133	035	032
28,403 [2]	25,55	9358	1447	1449	18663	18662
	30,62	*24,0046	1739	1739	323	323
	35,37	0687	2011	2012	008	006

$H^2O, SO^3 + 25$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*23,7489	1,00000	1,00000	1,13370	1,13370
	9,04	8493	423	425	2892	2890
	15,50 *	9241	738	738	2539	2539
26g,924	15,82	9278	753	754	2522	2522
	22,02	24,0010	1061	1061	2179	2180
	26,83	0587	1304	1304	1910	1910
	30,01 *	0972	1467	1467	1731	1731

[1] Pesée directe, 25,573.

[2] Pesée directe, 28,405.

$H^2O, SO^3 + 50$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*28,6404	1,00000	1,00000	1,07163	1,07163
	9,04	7189	274	277	6870	6867
	15,50	7838	501	501	629	629
30g,692	15,82 *	7872	513	513	617	617
	22,02	8551	750	749	366	367
	26,83	9116	947	946	158	159
	30,01 *	9506	1083	1083	015	015

$H^2O, SO^3 + 100$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*15,5648	1,00000	1,00000	1,03721	1,03721
	9,04	5899	162	165	554	550
	15,50	6153	324	324	386	386
16g.144	15,82 *	6166	333	333	377	377
	22.02	6460	522	520	183	185
	26,83	6717	687	687	014	014
	28,98 *	6843	768	768	2931	2931

$H^2O, SO^3 + 200$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*21,1766	1,00000	1,00000	1,01919	1,01919
	9,04	1962	93	97	825	820
	15,50 *	2223	216	216	700	700
21g,583	15,82	2239	223	223	692	693
	22,02	2575	382	378	531	536
	26,83	2882	527	524	385	388
	30,01 *	3106	633	633	278	278

$H^2O, SO^3 + 400$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	25,3053	1,00000	0,99981	1,00979	1,01001
	8,61 *	3170	47	1,00047	932	932
25g,553	13,68	3354	119	120	859	857
	19.07 *	3627	227	227	750	750
	23,34	3894	332	332	644	645
	27,21 *	4173	443	443	534	534

Une dissolution provenant d'une autre préparation m'a donné pour densité à 0° 1,00972.

L'acide à 400 équivalents d'eau présente un maximum de densité apparent (dans le verre) vers 1 ou 2°; en réa-

lité il serait un peu au-dessous de 0°. Mais la proximité de ce point ne permet pas de calculer une formule du 2me degré représentant, avec exactitude, les densités à de basses températures. Je n'ai donc employé, pour le calcul de la formule, que l'observation à 8°,61 pour point de départ.

Les observations précédentes sont représentées par les formules suivantes :

Volumes relatifs de $H^2O, SO^3 + n$ Aq.

$n =$ 0	$V = 1 + 0{,}0005758\ t - 0{,}000000432\ t^2$
5	$V = 1 + 0{,}0005726\ t - 0{,}000000165\ t^2$
10	$V = 1 + 0{,}0005858\ t - 0{,}000000033\ t^2$
15	$V = 1 + 0{,}0005618\ t + 0{,}000000198\ t^2$
25	$V = 1 + 0{,}0004625\ t + 0{,}000000876\ t^2$
50	$V = 1 + 0{,}0002835\ t + 0{,}000002580\ t^2$
100	$V = 1 + 0{,}0001450\ t + 0{,}000004143\ t^2$
200	$V = 1 + 0{,}0000629\ t + 0{,}000004933\ t^2$
400	$V = 0{,}99981 + 0{,}00003328\ t + 0{,}000005015\ t^2$

Densités.

$n =$ 0	$D = 1{,}85289 - 0{,}0010654\ t + 0{,}000001321\ t^2$
5	$D = 1{,}42987 - 0{,}0008201\ t + 0{,}000000739\ t^2$
10	$D = 1{,}27575 - 0{,}0007479\ t + 0{,}000000491\ t^2$
15	$D = 1{,}20381 - 0{,}0006771\ t + 0.000000162\ t^2$
25	$D = 1{,}13370 - 0{,}0005254\ t - 0{,}000000691\ t^2$
50	$D = 1{,}07163 - 0{,}0003034\ t - 0\ 000002636\ t^2$
100	$D = 1{,}03721 - 0{,}0001511\ t - 0{,}000004191\ t^2$
200	$D = 1{,}01919 - 0{,}0000640\ t - 0{,}000004983\ t^2$
400	$D = 1{,}01001 - 0{,}0000380\ t - 0{,}000004912\ t^2$

Coefficient de dilatation, $\frac{dV}{dt} = \delta$		Valeur à 20°.
$n =$ 0	$\delta = 0{,}0005758 - 0{,}000000864\ t$	0,0005585
5	$\delta = 0{,}0005726 - 0{,}000000330\ t$	5660
10	$\delta = 0{,}0005858 - 0{,}000000067\ t$	5845
15	$\delta = 0{,}0005618 + 0{,}000000397\ t$	5697
25	$\delta = 0{,}0004625 + 0{,}000001752\ t$	4975
50	$\delta = 0{,}0002835 + 0{,}000005160\ t$	3867
100	$\delta = 0{,}0001450 + 0{,}000008286\ t$	3107
200	$\delta = 0{,}0000629 + 0{,}000009866\ t$	2602
400	$\delta = 0{,}0000333 + 0{,}000010030\ t$	2339

On voit que la dilatation de l'acide sulfurique concentré diminue à mesure que la température s'élève. Il en est de même pour les mélanges d'acide et d'eau, jusqu'à ce que l'on atteigne environ 11 équivalents d'eau. La dilatation est alors uniforme, puis va en croissant avec la température, à mesure que la proportion d'eau augmente. Le maximum de dilatation correspond aussi au mélange renfermant environ 11 équiv. d'eau.

Enfin j'ai réuni, dans le tableau suivant, pour la température moyenne de 20°, les densités et les volumes moléculaires, celui de l'eau à la même température étant exprimé par 18. Une colonne indique les poids moléculaires. Une dernière colonne renferme les différences entre le volume moléculaire de la dissolution et celui de l'eau qu'elle contient.

n	D	p	v	$v-18n$
0	1,83211	98	53,40	53,40
5	1,41317	188	132,80	42,80
10	1,26099	278	220,08	40,08
15	1,19033	368	308,60	38,60
25	1,12292	548	487,14	37,14
50	1,06451	998	935,9	35,9
100	1,03251	1898	1835,0	35,0
200	1,01592	3698	3633,6	33,6
400	1,00728	7298	7232,8	32,8
Eau	0,99826	18	18	

La décroissance continuelle des nombres de la dernière colonne montre qu'il y a toujours contraction, soit par le mélange de l'acide sulfurique avec l'eau, soit par la dilution de ces mélanges.

Sulfate de soude.

$Na^2O,SO^3 + 25$ Aq. Poids, 28g,572.

	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
I.	11°,23	*23,0656	1,00420	1,00420	1,23873	1,23873
	16,30	1117	621	620	626	627
	19,35	1397	743	743	476	476
	23,14	* 1757	899	900	284	284
	28,73	2306	1138	1138	2993	2994
	33,82	* 2817	361	361	723	723
	39,76	3445	634	630	393	398
	48,20	4351	2029	2027	1920	1919
II.	0°	22,9707	1,00007	1,00000	1,24384	1,24393
	9,50	23,0516	359	353	3948	3955
	13,50	0882	518	512	752	759
	23,86	1839	935	930	241	247
	32,26	2669	1296	1292	2801	2807
	40,28	3500	1658	1654	364	369

La dissolution avait été préparée avec du sulfate de soude anhydre, et chauffée à 100 degrés pour en chasser l'air.

Dans une première série d'observations, on a suivi la dilatation entre 48 et 11 degrés. Mais au-dessous de 11° le sel a cristallisé ce qui a déterminé une rapide ascension du liquide. Dans cet état, l'appareil fonctionne à l'inverse d'un thermomètre, le liquide s'élevant dans la tige chaque fois que la température s'abaisse, et descendant au contraire lorsqu'il y a réchauffement, à cause de la diminution de volume qui accompagne la fusion du sulfate de soude cristallisé.

L'appareil ayant été porté dans une étuve à 40 degrés, le sel s'est complétement liquéfié de nouveau, et l'on a pu faire une seconde série d'observations où la température a pu être abaissée jusqu'à 0° sans qu'il y ait eu cristallisation.

Néanmoins, je n'ai utilisé que trois observations de la première série, pour établir la formule empirique de la dilatation. On remarquera que, tandis que toutes les observations de cette série sont représentées très-exactement par le calcul, toutes celles de la seconde série présentent une augmentation de volume qui varie de 0,00007 à 0° à 0,00004 à 40°, et qui est trop constante pour être accidentelle.

Il semble donc qu'après la cristallisation du sel à 10 équivalents d'eau, la dissolution n'ayant été chauffée qu'à 40 degrés, a conservé une trace de la dilatation produite par la formation de cet hydrate. J'aurais voulu poursuivre la vérification de ce fait; mais une nouvelle cristallisation ayant eu lieu, a déterminé la rupture du réservoir.

$Na^2O, SO^3 + 50$ Aq. Poids, $24^g,364$.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	*	21,4944	1,00000	1,00000	1,13350	1,13350
9,38		5523	270	271	046	044
17,06	*	6068	523	523	2761	2761
23,86		6601	771	770	483	485
29,30		7058	984	983	247	248
32,26	*	7319	1105	1105	112	112
36,85		7737	1299	1302	1896	1893

$Na^2O, SO^3 + 100$ Aq. Poids, $25^g,4655$.

t		V	Volumes observés	Volumes calculés	Densités observées	Densités calculées
0°	*	23,7896	1,00000	1,00000	1,07045	1,07045
9,38		8331	180	187	6849	6846
17,06	*	8811	385	385	635	685
23,86		9315	596	595	410	413
29,30		9768	787	786	209	211
32,26	*	24,0032	898	898	092	092
36,85		0466	1080	1084	5901	5895
40,28		0806	1223	1233	751	738

$Na^2O, SO^3 + 200$ Aq. Poids, 20g,952.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	20,2162	1,00000	1,00000	1,03640	1,03640
8,78		2363	99	106	537	530
13,94		2561	197	200	435	432
16,84	*	2695	264	264	367	367
22,90		3016	422	421	204	206
29,30	*	3420	622	622	2999	2999
32,26		3633	728	727	891	891
36,85		3981	900	906	715	707

$Na^2O, SO^3 + 400$ Aq. Poids, 29g,173.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°		28,6430	1,00000	0,99982	1,01850	1,01870
8,78	*	6595	58	1,00058	792	792
13,94		6818	135	136	713	712
16,84	*	6979	192	192	656	656
22,90		7389	335	333	510	513
27,48		7763	465	463	379	381
32,26	*	8205	620	620	223	223
36,85		8674	783	791	059	050
40,28		9057	917	932	1,00925	1,00908

Cette dissolution présente un maximum de densité apparent (dans le verre) un peu au-dessus de 0°.

Les formules empiriques suivantes représentent ces observations.

Volumes relatifs de $Na^2O, SO^3 + n$ Aq.

$n = 25 \quad V = 1 + 0{,}0003599\,t + 0{,}000001258\,t^2$

$50 \quad V = 1 + 0{,}0002662\,t + 0{,}000002366\,t^2$

$100 \quad V = 1 + 0{,}0001665\,t + 0{,}000003466\,t^2$

$200 \quad V = 1 + 0{,}0000817\,t + 0{,}000004456\,t^2$

$400 \quad V = 0{,}99982 + 0{,}0000448\,t + 0{,}000004740\,t^2$

Densités.

$n=$ 25	$D=1,24393-0,0004478\ t-0,000001361\ t^2$
50	$D=1,13350-0,0003020\ t-0,000002533\ t^2$
100	$D=1,07045-0,0001785\ t-0,000003624\ t^2$
200	$D=1,03640-0,0000855\ t-0,000004547\ t^2$
400	$D=1,01870-0,0000464\ t-0,000004774\ t^2$

	Coefficient de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 25	$\delta=0,0003599+0,000002516\ t$	0,0004102
50	$\delta=0,0002662+0,000004732\ t$	3608
100	$\delta=0,0001665+0,000006932\ t$	3051
200	$\delta=0,0000817+0,000008912\ t$	2599
400	$\delta=0,0000448+0,000009480\ t$	2344

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
25	1,23443	592	478,7	28,7
50	1,12645	1042	923,4	23,4
100	1,06545	1942	1819,5	19,5
200	1,03287	3742	3616,6	16,6
400	1,01586	7342	7214,8	14,8

Ce tableau montre qu'il y a toujours contraction par le mélange de l'eau avec une dissolution de sulfate de soude.

Bisulfate de soude.

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+25$ Aq. Poids, $28^g,092$.

		Volumes relatifs		Densités	
t	V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	* 23,7976	1,00000	1,00000	1,18332	1,18332
9,62	9170	527	521	7711	7719
12,40	9524	676	672	537	541
16,10	* 24,0000	876	876	304	304
21,90	0763	1197	1198	6932	6931
27,01	1445	1483	1484	602	600
31,43	* 2040	1733	1733	313	313
33,80	2363	1869	1868	160	159

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+50$ Aq. Poids, 23g,638.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	*	21,4877	1,00000	1,00000	1,10007	1,10007
9,62		5616	344	344	1,09630	1,09629
12,40		5850	453	453	511	511
16,10	*	6172	603	603	348	348
21,90		6712	854	852	076	078
27,01		7216	1089	1086	8823	8826
31,43	*	7668	1299	1299	597	597
33,80		7920	1416	1417	471	470

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+100$ Aq. Poids, 25g,088.

0°	*	23,8328	1,00000	1,00000	1,05267	1,05267
9,62		8829	210	214	046	042
12,40		9012	287	289	4965	4964
16,10	*	9276	398	398	850	850
21,90		9739	592	590	647	650
27,01		24,0195	783	781	448	452
31,43	*	621	962	962	264	264
33,80		860	1062	1065	160	157

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+200$ Aq. Poids, 15g,970.

0°	*	15,5458	1,00000	1,00000	1,02729	1,02729
9,62		5649	123	127	603	598
12,40		5734	178	180	547	544
16,10	*	5866	262	262	460	460
21,90		6112	421	418	298	302
27,01		6368	585	581	131	135
31,43	*	6613	743	743	1971	1971
33,80		6749	831	837	882	875

Formules empiriques pour $\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3 + n\,Aq.$

Volumes relatifs.

$n=$ 25 $V=1+0{,}0005364\,t+0{,}000000475\,t^2$
50 $V=1+0{,}0003338\,t+0{,}000002529\,t^2$
100 $V=1+0{,}0001854\,t+0{,}000003840\,t^2$
200 $V=1+0{,}0000854\,t+0{,}000004805\,t^2$

Densités.

$n=$ 25 $D=1{,}18332-0{,}0006344\,t-0{,}000000252\,t^2$
50 $D=1{,}10007-0{,}0003680\,t-0{,}000002564\,t^2$
100 $D=1{,}05267-0{,}0001959\,t-0{,}000003921\,t^2$
200 $D=1{,}02729-0{,}0000893\,t-0{,}000004833\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 25	$\delta=0{,}0005364+0{,}000000950\,t$	0,0005554
50	$\delta=0{,}0003338+0{,}000005058\,t$	4349
100	$\delta=0{,}0001854+0{,}000007680\,t$	3390
200	$\delta=0{,}0000854+0{,}000009610\,t$	2776

La dilatation surpasse de beaucoup soit celle du sulfate de soude, soit celle de l'acide sulfurique pour la même proportion d'eau.

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
25	1,17053	570	486,1	36,1
50	1,09168	1020	932,7	32,7
100	1,04718	1920	1830,3	30,3
200	1,02357	3720	3628,0	28,0

Si nous comparons enfin les volumes moléculaires des dissolutions au même titre de sulfate de soude, de bisulfate et d'acide sulfurique, nous trouvons :

n	H^2O,SO^3	$\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}O,SO^3$	Na^2O,SO^3
25	487,1	486,1	478,7
50	935,9	932,7	923,4
100	1835,0	1830,3	1819,5
200	3633,6	3628,0	3616,6
400	7232,8	»	7214,8

Le volume moléculaire des dissolutions de bisulfate est toujours supérieur à la moyenne des volumes moléculaires de celles de l'acide sulfurique et du sulfate neutre. Il y a donc toujours dilatation lors du mélange de ces dissolutions.

Toutefois, le volume moléculaire du bisulfate est toujours compris entre ceux de l'acide sulfurique et du sulfate neutre, ce qui n'avait point lieu pour les chaleurs moléculaires. Il en résulte qu'il n'y a pas de relation proportionnelle entre les variations de chaleur moléculaire et de volume moléculaire résultant du mélange de deux dissolutions.

Acide chlorhydrique.

HCl+6,25 Aq. Poids, 27g,005.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	*	23,8898	1,00000	1,00000	1,13040	1,13040
6,99		9645	312	313	2687	2687
13,74		24,0373	617	617	2346	2346
16,68	*	0691	750	750	2198	2198
21,41		1201	964	965	1961	1959
26,43		1748	1193	1194	1707	1706
29,64	*	2102	1341	1341	1544	1544
33,36		2512	1513	1512	1355	1356

HCl+12,5 Aq. Poids, 23g,147.

0°	*	21,5587	1,00000	1,00000	1,07367	1,07367
6,99		6022	202	204	7151	7149
13,74		6481	415	416	6924	6923
16,68	*	6692	513	513	820	820
21,41		7041	674	675	645	648
26,43		7432	856	855	456	457
29,64	*	7689	975	975	331	331
33,36		8005	1122	1118	176	180

HCl+25 Aq. Poids, 24g,830.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	23,8874	1,00000	1,00000	1,03946	1,03946
6,99		9158	119	122	823	820
13,74		9514	268	269	668	667
16,68	*	9690	342	342	592	592
21,41		24,0002	472	471	457	459
26,43		370	626	625	299	301
29,64	*	620	731	731	192	192
33.36		929	860	862	059	057

HCl+50 Aq. Poids, 15g,210.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	14,9022	1,00000	1,00000	1,02065	1,02065
6,99		115	62	67	2002	1997
13,74		276	170	172	1892	1890
16,68	*	365	230	230	831	831
21,41		528	340	339	720	720
26,43		736	479	477	579	581
29,64	*	881	576	576	481	481
33,36		15,0065	700	702	356	353

HCl+100 Aq. Poids, 19g,487.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°		19,2834	1,00000	0,99987	1,01056	1,01071
3,13		2844	5	1,00001	1051	1057
4,55		2858	10	10	1046	1047
6,[illegible]0	*	2884	26	26	1030	1030
10,94		2977	74	77	981	979
17,18	*	3182	180	180	874	874
23,00		3438	313	311	740	743
28,92	*	3756	478	478	575	575
30,88		3880	542	541	511	512

HCl+200 Aq. Poids, 20g,493.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°		20,3849	1,00000	0,99972	1,00530	1,00560
5,18		3850	0	0,99993	530	538
8,85	*	3897	24	1,00024	507	507
12,12		3973	61	62	469	468
15,90		4089	118	120	412	410
20,46	*	4273	208	208	322	322
24,77		4482	311	310	219	220
29,05		4726	430	429	100	101
32,08	*	4918	524	524	006	006

Formules empiriques pour $HCl + n Aq$.

Volumes relatifs.

$n=$ 6,25	$V=1+0,0004460\,t+0,000000215\,t^2$
12,5	$V=1+0,0002800\,t+0,000001650\,t^2$
25	$V=1+0,0001515\,t+0,000003209\,t^2$
50	$V=1+0,0000652\,t+0,000004355\,t^2$
100	$V=0,99987+0,0000284\,t+0,000004890\,t^2$
200	$V=0,99972+0,0000153\,t+0,000004884\,t^2$

Densités.

$n=$ 6,25	$D=1,13040-0,0005049\,t+0,000000005\,t^2$
12,5	$D=1,07367-0,0003001\,t-0,000001666\,t^2$
25	$D=1,03946-0,0001580\,t-0,000003253\,t^2$
50	$D=1,02065-0,0000673\,t-0,000004378\,t^2$
100	$D=1,01071-0,0000313\,t-0,000004845\,t^2$
200	$D=1,00560-0,0000173\,t-0,000004847\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 6,25	$\delta=0,0004460+0,000000430\,t$	0,0004546
12,5	$\delta=0,0002800+0,000003301\,t$	3460
25	$\delta=0,0001515+0,000006418\,t$	2799
50	$\delta=0,0000652+0,000008710\,t$	2394
100	$\delta=0,0000284+0,000009780\,t$	2240
200	$\delta=0,0000153+0,000009768\,t$	2107

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18n$
6,25	1,12030	149	132,77	20,27
12,50	1,06700	261,5	244,65	19,65
25	1,03500	486,5	469,23	19,23
50	1,01755	936,5	918,75	18,75
100	1,00815	1836,5	1818,42	18,42
200	1,00330	3636,5	3618,23	18,23

Chlorure de sodium.

$NaCl + 12,5\,Aq$.

La dilatation, trop forte pour le dilatomètre employé, a dû être suivie dans deux séries d'observations, après avoir chassé un peu de liquide pour la seconde.

Le poids de la dissolution était de $20^g,747$ pour la première série, pour la seconde on l'avait trouvé de $20^g,676$, mais on a admis $20^g,677$ pour établir l'égalité des densités aux mêmes températures dans les deux séries.

			Volumes relatifs		Densités	
	t	V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
I.	0°	* 17,8564	1,00000	1,00000	1,16188	1,16188
	8,87	9159	333	333	5802	5803
	14,28	9535	544	545	560	559
	19,65	* 9926	763	763	309	309
II.	15,27	17,9002	585	585	512	513
	19,34	9295	750	750	323	324
	25,58	* 9762	1012	1012	024	024
	29,34	18,0049	1173	1174	4841	4839

$NaCl + 25$ Aq.

1re série. Poids, $28^g,034$.
2me série. Poids, $27^g,911$.

I.	0°	* 25,7598	1,00000	1,00000	1,08867	1,08867
	8,72	8224	243	242	603	603
	16,15	8821	475	478	353	349
II.	15,22	* 7514	447	447	382	382
	22,57	8167	702	702	106	108
	27,62	8654	892	893	7905	7903
	28,84	* 8778	941	941	853	854

$NaCl + 50$ Aq. Poids, $16^g,2942$.

0°	* 15,5646	1,00000	1,00000	1,04688	1,04688
8,20	5869	143	145	537	536
14,41	* 6094	288	288	387	387
19,25	6302	422	420	248	250
25,45	6604	616	614	047	048
28,35	* 6759	715	715	3944	3944

$NaCl + 100\,Aq$. Poids, 18g,3284.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	17,9007	1,00000	1,00000	1,02389	1,02389
4,00		9059	29	32	360	356
10,75		9220	119	120	268	266
13,80	*	9321	175	175	210	210
18,66		9513	283	280	101	103
26,20	*	9883	489	489	1891	1891

$NaCl + 200\,Aq$. Poids, 26g,083.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°		25,7729	1,00000	0,99983	1,01203	1,01211
4,00	*	7754	10	1,00010	193	193
8,60		7847	46	50	157	151
10,75		7923	75	76	127	124
13,80		8041	121	122	081	078
18,66	*	8284	215	215	0985	0985
26,20	*	8781	408	408	792	792

Ces observations conduisent aux formules empiriques suivantes pour $NaCl + n\,Aq$.

Volumes relatifs.

$n = 12,5 \quad V = 1 + 0,0003640\,t + 0,000001237\,t^2$
$25 \quad V = 1 + 0,0002573\,t + 0,000002393\,t^2$
$50 \quad V = 1 + 0,0001457\,t + 0,000003758\,t^2$
$100 \quad V = 1 + 0,00\ 0602\,t + 0,000004825\,t^2$
$200 \quad V = 0,99983 + 0,0000213\,t + 0,000005231\,t^2$

Densités.

$n = 12,5 \quad D = 1,16188 - 0,0004223\,t - 0,000001272\,t^2$
$25 \quad D = 1,08867 - 0,0002818\,t - 0,000002418\,t^2$
$50 \quad D = 1,04688 - 0,0001535\,t - 0,000003842\,t^2$
$100 \quad D = 1,02389 - 0,0000625\,t - 0,000004868\,t^2$
$200 \quad D = 1,01211 - 0,0000254\,t - 0,000005139\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=12,5$	$\delta=0,0003640+0,000002474\,t$	0,0004135
25	$\delta=0,0002573+0,000004786\,t$	3530
50	$\delta=0,0001457+0,000007516\,t$	2960
100	$\delta=0,0000602+0,000009650\,t$	2532
200	$\delta=0,0000213+0,000010462\,t$	2305*

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
12,5	1,15292	283,5	245,47	20,47
25	1,08207	508,5	469,12	19,12
50	1,04227	958,5	918,02	18,02
100	1,02069	1858,5	1817,66	17,66
200	1,00965	3658,5	3617,58	17,58

Il résulte de là, que la dilution d'une dissolution de chlorure de sodium est toujours accompagnée d'une contraction.

Sucre.

$C^{12}H^{22}O^{11}+25$ Aq. Poids, 28g,620.

		Volumes relatifs		Densités	
t	V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	* 23,8593	1,00000	1,00000	1,19953	1,19953
5,60	8943	147	149	777	775
9,97	9245	273	275	624	624
16,33	* 9273	474	474	388	388
21,72	24,0161	657	657	170	171
25,56	0490	795	795	007	008
29,95	* 0885	961	961	1,18812	1,18812
35,42	1401	1177	1180	558	554

$C^{12}H^{22}O^{11}+50$ Aq. Poids, 24g,142.

0°	* 21,5522	1,00000	1,00000	1,12016	1,12016
7,51	5818	137	139	1863	1860
11,88	6034	238	238	751	750
15,44	* 6232	329	329	649	649
19,49	6480	445	443	521	523
25,33	6876	628	627	317	319
30,32	* 7253	803	803	124	124
36,86	7789	1052	1060	1,10850	1,10840

$C^{12}H^{22}O^{11} + 100$ Aq. Poids, $25^{g},392$.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	23,7980	1,00000	1,00000	1,06698	1,06698
5,60		8113	56	61	638	633
9,97		8272	123	127	567	563
16,33	*	8583	254	254	428	428
21,72		8913	392	389	281	285
25,56		9180	504	501	163	166
29,95	*	9515	645	645	014	014
35,42		9979	840	848	1,05809	1,05799

$C^{12}H^{22}O^{11} + 200$ Aq. Poids, $16^{g},112$.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	15,5621	1,00000	1,00000	1,03534	1,03534
7,67		5692	45	52	487	480
11,82		5778	101	106	429	424
19,22	*	5999	243	243	283	283
25,33		6245	401	398	120	123
30,32	*	6482	553	553	1,02964	1,02964
36,86		6840	783	794	729	716

$C^{12}H^{22}O^{11} + 400$ Aq. Poids, $25^{g},765$.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°		25,3075	1,00000	0,99985	1,01808	1,01822
5,60	*	3096	8	1,00008	799	799
9,97		3188	45	47	762	759
16,33	*	3427	139	139	666	666
21,72		3715	253	248	551	556
25,56		3961	350	343	453	459
29,95	*	4265	470	470	331	331

D'où l'on déduit les formules empiriques suivantes :

Volumes relatifs de $C^{12}H^{22}O^{11} + n$ Aq.

$n=$	
25	$V=1 + 0,0002536\,t + 0,000002247\,t^2$
50	$V=1 + 0,0001594\,t + 0,000003478\,t^2$
100	$V=1 + 0,0000838\,t + 0,000004392\,t^2$
200	$V=1 + 0,0000295\,t + 0,000005041\,t^2$
400	$V=0,99985 + 0,0000132\,t + 0,000004967\,t^2$

Densités.

$n=$ 25	$D=1,19953-0,0003040\,t-0,000002568\,t^2$
50	$D=1,12016-0,0001791\,t-0,000003797\,t^2$
100	$D=1,06698-0,0000898\,t-0,000004629\,t^2$
200	$D=1,03534-0,0000310\,t-0,000005179\,t^2$
400	$D=1,01822-0,0000139\,t-0,000005013\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 25	$\delta=0,0002536+0,000004494\,t$	0,0003434
50	$\delta=0,0001594+0,000006956\,t$	2985
100	$\delta=0,0000838+0,000008784\,t$	2595
200	$\delta=0,0000295+0,000010082\,t$	2312
400	$\delta=0,0000132+0,000009934\,t$	2118

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
25	1,19242	792	663,0	213,0
50	1,11506	1242	1111,9	211,9
100	1,06333	2142	2010,9	210,9
200	1,03265	3942	3810,8	210,8
400	1,01594	7542	7410,8	210,8

Le sucre cristallisé a pour densité 1,59 : son volume moléculaire est donc de 215. Il y a donc contraction très-faible par sa dissolution, et par la dilution des dissolutions concentrées. Mais au delà de 100 molécules d'eau, la contraction produite par la dilution devient insensible.

Observation générale.

Tous les auteurs qui ont fait des recherches sur les densités des dissolutions aqueuses, ont constaté ce fait général, que leur dilution est toujours accompagnée d'une contraction.

Un autre fait général, qui résulte de mes observations, par un calcul facile à exécuter, et dont il est inutile de

donner ici le détail, c'est que, lorsqu'on mélange de l'eau à une dissolution, le coefficient de dilatation du mélange est supérieur à la moyenne des coefficients de dilatation des deux liquides mélangés [1]. Il en résulte que la contraction produite par le mélange diminue, à mesure que ce mélange est opéré à des températures plus élevées.

Les recherches publiées récemment par M. Pfaundler, sur la chaleur spécifique de divers mélanges d'eau et d'acide sulfurique, à des températures de plus en plus élevées, mettent en évidence un fait analogue. L'accroissement de la chaleur spécifique de ces mélanges, à mesure que la température s'élève, est bien plus rapide que pour l'eau et l'acide sulfurique séparés. Il est très-probable que ce fait est général. Il semble donc que l'on peut conclure de là, qu'à des températures suffisamment élevées, la dilution des dissolutions ne donnerait plus lieu ni à une contraction, ni à une perte de chaleur spécifique.

Note additionnelle.

En déterminant les chaleurs spécifiques de quelques dissolutions salines, j'avais principalement pour but de vérifier, par des expériences plus rigoureuses, un fait singulier qui m'avait paru résulter de mes recherches préliminaires sur les chaleurs dégagées par la dilution ou le mélange de ces dissolutions [1].

J'avais remarqué, en effet, que je n'obtenais pas la même somme d'effets thermiques lorsque je mélangeais

[1] Les dissolutions de sucre, étendues de 100 molécules d'eau ou plus, font exception à cette règle, mais aussi leur dilution ne paraît plus donner lieu à une contraction appréciable.

[2] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXVI, p. 335.

deux dissolutions concentrées, et que j'ajoutais ensuite de l'eau au mélange, et lorsque je ne mélangeais ces dissolutions qu'après les avoir étendues d'eau, de manière à arriver cependant au même produit final. La différence se reproduisant toujours dans le même sens, dans toutes mes expériences, constituait une anomalie curieuse, digne d'être poursuivie par des recherches plus exactes, en tenant compte des chaleurs spécifiques des dissolutions, ce que je n'avais pu faire alors.

Je crois maintenant que cette discordance n'était en effet due qu'à l'influence de cette cause. Le fait résulte, pour moi, d'une série d'expériences faites avec le plus grand soin sur la réaction de l'acide chlorhydrique sur le sulfate de soude, réaction que j'ai choisie comme l'une de celles qui, dans mes expériences préliminaires, m'avaient présenté cette anomalie de la manière la plus marquée.

La comparaison des effets thermiques produits, suivant que la dilution précède ou suit le mélange de deux liquides, exige la connaissance d'un grand nombre de données.

Outre les chaleurs spécifiques des dissolutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de soude, dont la valeur a été donnée dans la première partie de ce mémoire, j'ai dû déterminer celles du mélange de ces dissolutions ; j'ai obtenu les résultats suivants :

	Chaleur spécifique.	Chaleur moléculaire.
$Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+50$ Aq.	0,8325	928
+100 Aq.	0,9005	1814
+200 Aq.	0,9443	3602
+400 Aq.	0,9703	7195
+800 Aq.	0,9846	14391

J'ai dû mesurer ensuite les effets thermiques produits,

soit par la dilution de ces dissolutions, soit par leur mélange. Les résultats, déduits de la moyenne d'un grand nombre d'expériences, ont été les suivants :

		Calories.
$(H^2 Cl^2 + 25 Aq.)$	$+ 75 Aq.$	$= +1340$
	$+175 Aq.$	$= +1606$
	$+375 Aq.$	$= +1744$
$(Na^2 O,SO^3 + 75 Aq.)$	$+ 25 Aq.$	$= - 262$
	$+125 Aq.$	$= - 733$
	$+325 Aq.$	$= -1011$
$(Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+100 Aq.)$	$+100 Aq.$	$= + 78$
	$+300 Aq.$	$= + 308$
	$+700 Aq.$	$= + 664$

$(H^2Cl^2 + 25 Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 75 Aq.) = -2730$
$(H^2Cl^2 + 100 Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 100 Aq.) = -3692$
$(H^2Cl^2 + 200 Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 200 Aq.) = -3270$
$(H^2Cl^2 + 400 Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 400 Aq.) = -2747$

Les expériences ont été faites à des températures variant de 14 à 17 degrés, mais les résultats sont ramenés par le calcul à une température moyenne de 16°. La nécessité de cette correction, fondée sur la différence de chaleur spécifique des dissolutions et de leur mélange, a été signalée pour la première fois par M. Person [1], qui a donné en même temps la formule par laquelle on peut la calculer. Du reste, le calcul de cette correction est beaucoup plus simple quand on a déjà calculé les chaleurs moléculaires des dissolutions dont on opère le mélange. Ainsi, je suppose qu'il s'agisse de déterminer l'effet thermique produit par le mélange d'un équivalent d'acide chlorhydrique étendu de 400 équivalents d'eau, avec un équivalent de sulfate de soude également étendu de 400 équivalents d'eau. Nous aurons :

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3me série, XXXIII, p. 459.

Chaleur moléculaire de l'acide chlorhydrique...	7145
Chaleur moléculaire du sulfate de soude	7193
Somme.......	14338
Chaleur moléculaire du mélange	14391
Différence......	+ 53

La chaleur moléculaire du mélange surpassant de 53 calories celle des deux dissolutions séparées, pour chaque degré d'élévation de la température de ces dissolutions, au moment où on les mélange, l'effet thermique s'accroîtra de — 53^c. Cet exemple montre l'importance de cette correction, même pour des expériences faites à des températures peu différentes les unes des autres.

Appliquons maintenant les données précédentes à la solution de la question que nous nous sommes posée, savoir s'il y a une différence dans la somme des effets thermiques produits par le mélange et la dilution de deux dissolutions, suivant que la dilution précède ou suit ce mélange. Nous établirons pour cela la comparaison suivante :

$(Na^2O,SO^3+75$ Aq.$)+25$ Aq.	-262	$(Na^2O,SO^3+75$ Aq.$)+(H^2Cl^2+25$ Aq.$)$	-2730
$(H^2Cl^2+25$ Aq.$)+75$ Aq.	$+1340$	$(Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+100$ Aq.$)+100$ Aq.	$+78$
Mélange	-3692		
Somme	-2614		-2652

$(Na^2O,SO^3+75$ Aq.$)+125$ Aq.	-733	$(Na^2O,SO^3+75$ Aq.$)+(H^2Cl^2+25$ Aq.$)$	-2730
$(H^3Cl^2+25$ Aq.$)+175$ Aq.	$+1606$	$(Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+100$ Aq.$)+300$ Aq.	$+308$
Mélange......	-3270		
Somme	-2397		-2422

$(Na^2O,SO^3+75$ Aq.$)+325$ Aq.	-1011	$(Na^2O,SO^3+75$ Aq.$)+(H^2Cl^2+25$ Aq.$)$	-2730
$(H^2Cl^2+25$ Aq.$)+375$ Aq.	$+1744$	$(Na^2O,SO^2+H^2Cl^3+100$ Aq.$)+700$ Aq.	$+664$
Mélange......	-2747		
Somme.......	-2014		-2066

Les différences des résultats obtenus dans les deux séries, sont entièrement négligeables et rentrent complétement dans la limite des erreurs probables. Il me suffira, en effet, de remarquer que la différence de 54 calories entre les résultats des deux dernières observations, portant sur une dissolution dont le poids moléculaire est de 14645, correspond à une différence de température de 0°,004 à répartir sur les déterminations des chaleurs dégagées dans cinq réactions différentes.

Je crois donc pouvoir conclure de là, que l'état de combinaison des sels contenus dans une dissolution est invariable, et que cet état se produit immédiatement et définitivement au moment même où se fait le mélange ou la dilution. Cette conclusion, du reste, est corroborée par le fait que j'ai signalé au commencement de ce mémoire, de l'invariabilité du volume d'une dissolution comparé immédiatement après sa préparation ou après plusieurs jours, et par cette autre observation que j'ai faite dans toutes mes expériences, que l'équilibre de température, après que l'on a mélangé deux dissolutions, s'établit aussi rapidement que lorsqu'on mélange deux masses d'eau à des températures différentes.

NOTE

SUR

LES DERNIÈRES AURORES BORÉALES

La magnifique Aurore boréale, qui a fait son apparition dans la soirée du 24 octobre 1870, n'est peut-être comparable, par son éclat et son étendue, qu'à celle de la nuit du 28 au 29 août 1859. Il est inutile d'entrer dans les détails du phénomène qui sont toujours les mêmes, à quelques légères différences près. Les perturbations qu'éprouvent les aiguilles de boussole, la présence de courants électriques intenses dans les fils télégraphiques, accompagnent toujours de la même manière l'apparition des Aurores boréales. Soit dans son apparence, soit dans les phénomènes qui lui sont concomitants, l'Aurore boréale est donc bien un météore dû à des décharges électriques qui s'opèrent dans les régions supérieures de l'atmosphère, complétant leur circuit à travers le globe terrestre lui-même.

Si je fais un rapprochement entre l'Aurore boréale du mois d'août 1859 et celle du 24 octobre 1870, c'est que non-seulement elles sont remarquables, comme je l'ai dit, par leur éclat et leur étendue, mais c'est que toutes les deux sont apparues après un été d'une sécheresse extraordinaire dans toute l'Europe, et pendant lequel il y a eu un nombre excessivement petit d'orages. Or, voici ce que je disais dans ma Notice sur l'Aurore du 28 au 29 août 1859 [1].

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1859, tome VI, p. 49.

...... « Il me semble que c'est (l'apparition de l'Aurore) une conséquence naturelle de la grande sécheresse qui a régné cet été (1859), dans toute l'Europe. L'absence presque complète d'humidité dans l'air, a empêché que l'électricité positive accumulée dans les régions supérieures de l'atmosphère, par les vapeurs qui y arrivent constamment de l'équateur, pût se neutraliser directement en plus ou moins grande proportion, avec l'électricité négative de la terre; c'est ce qui fait que pendant tout l'été il n'y a presque point eu d'électricité dans la partie de l'atmosphère la plus voisine de la terre, et que les orages, malgré la chaleur, ont été assez rares. L'électricité accumulée n'ayant donc pu, qu'en proportion infiniment faible, s'écouler verticalement pour ainsi dire, vers la terre, il en est résulté une décharge vers le pôle nord beaucoup plus intense.»

Ce passage peut s'appliquer exactement à l'Aurore d'octobre 1870.

La quantité totale d'électricité qui s'accumule dans les régions supérieures de l'atmosphère, est probablement toujours sensiblement la même; elle se neutralise avec la négative restée dans le sol, tantôt directement lorsque l'atmosphère est humide, tantôt sous la forme d'Aurore polaire; quand par défaut d'humidité, la neutralisation directe fait défaut, la neutralisation dans les régions polaires prend de beaucoup plus grandes proportions; le nombre, mais surtout l'intensité des Aurores devient beaucoup plus considérable, et c'est ainsi que l'équilibre électrique de notre planète est constamment rétabli.

Plusieurs savants estiment que l'apparition des Aurores polaires est soumise à une loi de périodicité qui serait la même que celle qui régit l'apparition des taches

solaires et celle des perturbations magnétiques. La liaison entre l'apparition des Aurores boréales et celle des perturbations magnétiques est toute naturelle, car l'un des phénomènes est la cause de l'autre, et l'on est parfaitement certain maintenant que, dès qu'il y a perturbation magnétique, il y a une Aurore visible ou non visible à l'endroit où l'on observe la perturbation ; ces deux phénomènes n'en font donc plus qu'un seul. Le rapport qui existe entre eux et les taches solaires est moins facile à comprendre; il se lie à la question de périodicité.

Il ne paraît y avoir aucun doute que la présence en plus ou moins grande abondance de taches sur notre disque solaire ne soit soumise à une loi de périodicité qui embrasse une période de 10 à 11 ans. Quelques astronomes, entre autres M. Lamont, admettent que les perturbations magnétiques sont soumises à la même loi. M. Airy, qui fait sur ce sujet, depuis un très-grand nombre d'années, des observations aussi multipliées que précises, conteste l'existence de cette périodicité pour les perturbations magnétiques. Dès lors il serait difficile de l'admettre pour les Aurores polaires dont les perturbations magnétiques sont la plus sûre manifestation. Toutefois, il semble assez bien établi qu'il y a des époques où il y a des apparitions plus fréquentes des Aurores polaires que dans d'autres, surtout pour les basses latitudes.

Il y a donc là un point important à éclaircir ; ce n'est qu'avec le temps et au moyen d'observations faites d'une manière régulière et recueillies avec soin, qu'il pourra l'être complétement.

A. DE LA RIVE.

NOTES

SUR

LE PROBLÈME DE LA VARIATION DU CLIMAT

PAR

M. L. DUFOUR

Professeur de Physique à l'Académie de Lausanne.

(*Bulletin de la Société vaudoise des Sciences natur.*, tome X, 1870.)

Dans ce mémoire, l'auteur examine quelques-unes des raisons qui peuvent être invoquées soit pour établir la constance, soit pour établir la variabilité du climat. Il s'agit d'ailleurs uniquement des temps historiques, spécialement des derniers siècles.

I.

Les indications fournies par le thermomètre sont trop peu anciennes pour permettre de résoudre le problème de la variabilité du climat. M. Glaisher, résumant des observations anciennes d'environ un siècle et demi, est arrivé récemment à admettre que la température moyenne subit, en Angleterre, une faible augmentation.

Il trouve :

	Température moyenne
de 1770 à 1800	8°,72
1800 à 1829	9°,17
1830 à 1860	9°,44

D'une autre part, M. Dove trouve que la température moyenne de Berlin, déduite de la période 1848-1865, se

trouve être la même, à 0°,01 près, que la température moyenne déduite de 137 années. — Suivant M. Loomis, la température moyenne de New-Haven, résultant des observations de 1778-1820, est 7°,60. Cette même température moyenne, recherchée avec les observations de 1821-1865, est 7°,52.

Il ne faut pas oublier que ces comparaisons, entre les observations faites à diverses époques, sont inévitablement accompagnées d'une assez grande incertitude. Les instruments employés à diverses époques ont changé, et n'ont pas été exactement contrôlés; leur installation n'a pas été toujours la même, ainsi que les heures d'observations, etc., etc.

L'auteur donne ensuite quelques renseignements plus détaillés sur les anciennes observations météorologiques faites en Suisse, et il signale spécialement celles de Genève et de Bâle. — Les observations de Genève ont fait l'objet d'une Note de M. Marcet, dans la *Bibl. univ. de Genève* 1848. Elles ont commencé en 1768, par les soins de De Luc; mais c'est depuis 1826 seulement qu'elles se poursuivent dans des conditions vraiment *comparables* et avec une grande régularité, à l'observatoire astronomique.

« A Bâle, on possède une série d'observations de J.-J. D'Annone, de 1755-1804. Ces observations auraient une valeur inestimable si l'on ne demeurait pas dans le doute quant aux instruments employés, à leur installation, et aussi à cause des lacunes qui se trouvent dans les registres. En tenant compte des heures d'observations, autres que celles usitées aujourd'hui, et en cherchant à déduire des chiffres de D'Annone la température moyenne, on trouve :

pour les 17 premières années : 9°,9
pour les 16 années suivantes : 10°,7
pour les 16 années dernières : 11°,2

« Une autre série, de 1784-1799, du docteur A. Socin, a été calculée par M. le professeur Mérian. La moyenne qui en est déduite est 9°,6. — La moyenne actuelle (9°,5) de Bâle diffère très-peu de ce dernier chiffre. et de la première série de D'Annone. — En tous cas, il n'est pas possible de tirer aucune conclusion de ces données quant à la variation ou la permanence du climat, à cause de l'incertitude qui règne quant au degré d'exactitude des instruments employés anciennement. »

II.

Dès que l'on veut étendre le problème de la constance ou de la variabilité du climat aux époques antérieures au XVIIIme siècle, on est obligé d'avoir recours aux notions que nous fournissent les plantes et les animaux, ainsi que l'extension des glaces et des neiges dans les montagnes. L'auteur rapporte quelques-unes des observations qui, à ce point de vue, ont été faites ou se font encore en Suisse. Il rappelle entre autres les mémoires un peu oubliés de Venetz (1821) et de Kasthofer (1822). L'un et l'autre établissent que la végétation en général, et la végétation forestière surtout, s'étendait autrefois plus haut sur les flancs des Alpes. Venetz n'hésite pas à croire à un refroidissement du climat de nos contrées dans les derniers siècles. Kasthofer est moins précis dans ses conclusions ; il paraît admettre plutôt une variation dans le régime des vents.

Cette question d'un affaiblissement de la végétation dans les régions élevées des Alpes ayant une très-grande importance, M. Dufour cite sur ce point l'opinion de

quelques hommes compétents, botanistes ou forestiers connaissant très-bien les Alpes.

« M. J. Muret m'a dit avoir constaté, plus d'une fois, des traces de forêts qui ont dû être jadis vigoureuses à une distance assez grande de la limite actuelle des arbres. Des traces et des débris se rencontrent là où il n'y en a plus aujourd'hui, et à quelques centaines de pieds plus haut que les forêts actuelles. Dans les gorges d'Allesses, entre la montagne d'Erbignon et la montagne d'Allesses (Valais), il y a encore actuellement des traces sûres et bien marquées d'une forêt de *Pinus cembra*, à une hauteur qui dépasse d'au moins trois cents pieds la région où commence la végétation de cet arbre. Les plantes dont on voit ainsi les restes ont péri depuis un ou deux siècles, peut-être davantage. Dans le cas particulier, les circonstances sont telles que la disparition des pins les plus élevés ne peut pas s'expliquer par l'extension des pâturages.

« M. Muret m'assure que, dans les Alpes, on trouve en grand nombre des exemples analogues à celui qui précède, et il a vu bien des cas où la disparition des forêts, dans les hautes régions, ne peut s'expliquer ni par le feu, ni par l'agrandissement des pâturages. Il reconnaît cependant que le désir d'étendre les pâturages a certainement été parfois la cause d'une destruction des forêts élevées. »

« M. Coaz, inspecteur forestier des Grisons, a bien voulu m'écrire, sur la question présente, l'intéressante lettre qui suit :

«..... On peut affirmer d'emblée, comme fait indubitable, que dans un très-grand nombre de lieux la limite de la végétation forestière s'est abaissée dans nos montagnes. Kasthofer, dans son mémoire, indique par leurs

noms plusieurs de ces lieux, surtout dans l'Oberland bernois. Quoique peut-être tous les exemples cités par ce naturaliste ne soient pas également bien établis, on peut cependant dire que son assertion est vraie, d'une façon générale. Un voyage dans notre canton montrerait en grand nombre des limites de forêts qui sont actuellement d'une centaine ou de plusieurs centaines de pieds inférieures à quelques arbres encore isolés, à des racines ou à des troncs morts, restes de forêts anciennes. De même, des terrains marécageux, plus élevés que nos forêts, renferment en foule des fragments d'arbres et des débris ligneux. Ces derniers peuvent, il est vrai, être là depuis des milliers d'années, car ils se trouvent dans un milieu qui les conserve ; mais pour les premiers faits cités, on ne peut attribuer aux restes visibles de ces anciennes forêts qu'une antiquité d'un petit nombre de siècles au plus.

« Vouloir chercher encore de nouvelles preuves de cet abaissement de la limite des forêts dans les Alpes, me semblerait vouloir porter de l'eau dans la mer.

« En général, cet abaissement est plus considérable sur le versant sud que sur le versant nord. Pour divers motifs d'ailleurs, les versants sud sont généralement moins recouverts que les versants plus frais du nord.

« Quelles sont les causes de cet abaissement de la végétation forestière ? Comme cause immédiate de ce fait regrettable, on doit indiquer, suivant mon opinion, nos méthodes de cultures alpines. Les populations alpestres n'ont eu, jusqu'ici, aucun soin de leurs forêts. Elles n'ont pas songé à entretenir le terrain dans le voisinage des habitations ; mais se sont surtout préoccupées d'agrandir le plus possible les pâturages. Comme les pâturages sont généralement au-dessus des forêts, on a attaqué en pre-

mier lieu la limite supérieure des forêts; on l'a fait reculer en ne conservant que quelques arbres isolés, les « Wettertannen » pour protéger le bétail. Là où les arbres n'ont pas été coupés, ils n'ont pas pu se reproduire et la forêt n'a pas pu se maintenir, parce que les pieds du gros bétail et la dent des chèvres et des moutons ont empêché le développement des jeunes pousses. Les forêts qui ont particulièrement souffert ainsi sont certaines forêts de refuge (Schneeflüchten), où l'on chasse les bestiaux pour les garantir durant les temps de neige.

« Les propriétaires de forêts ne se croyaient d'ailleurs guère obligés à protéger les forêts supérieures. Rarement on songeait à prendre des mesures pour protéger ces limites élevées, et encore moins songeait-on à les rajeunir et à les renouveler. Elles étaient trop éloignées pour que les propriétaires pussent en tirer personnellement parti d'une façon profitable (sauf pour les habitations alpestres); tandis que le commerce des bois ne recula pas toujours devant ces défrichements un peu lointains, et il abattit, sans précautions, ces forêts élevées.

« Dans beaucoup d'endroits, le feu a été employé pour détruire ces bois, tantôt pour gagner le terrain au profit des pâturages, tantôt par simple négligence.

« Enfin, il y a bien des phénomènes naturels qui viennent concourir à cette œuvre de destruction : les éboulements de terrains, les chutes de pierres, les avalanches viennent entamer plus ou moins fortement les lignes supérieures des forêts.

« Les destructions partielles de forêts, soit qu'elles résultent de l'action de l'homme, soit qu'elles aient été produites par des accidents de terrain, deviennent une cause d'affaiblissement pour les portions restantes qui

sont ainsi davantage exposées aux attaques du vent et des intempéries.

« Comme conséquence de tout cela, le climat lui-même a dû se détériorer, au moins localement et relativement à la végétation forestière : la température a dû varier entre des maxima et des minima plus éloignés, et présenter des variations locales plus brusques. — Par suite, on ne peut pas être très-étonné si la végétation forestière, déjà assez misérable dans ces limites élevées, est devenue plus misérable encore : si la forêt finit par succomber peu à peu dans la lutte que lui font l'homme et les circonstances naturelles défavorables ; si certaines alpes deviennent plus *sauvages* (comme le disent les montagnards), et si les troupeaux que peuvent nourrir les pâturages deviennent moins considérables. Ce dernier mal, d'ailleurs, est aggravé par les soins malentendus donnés aux pâturages et par la négligence qui préside à leur conservation.

«.... Sans pouvoir soutenir que les conditions climatériques n'ont pas changé dans nos Alpes depuis quelques siècles, je crois qu'on ne peut pas considérer ces changements comme démontrés ; car des observations météorologiques assez anciennes pour asseoir une pareille conclusion n'existent pas. »

« M. Théobald, le savant naturaliste que la science a perdu récemment, après avoir décrit [1] l'aspect que présentent les derniers représentants de la végétation arborescente dans les Alpes, ajoute :

«..... Mais bien plus haut encore, sur des croupes et des bancs de rochers dépouillés, on voit souvent de grands arbres morts, dont les branches décharnées res-

[1] *Annuaire du Club alpin suisse* pour 1868.

semblent aux bras d'un squelette. Quelle est la cause qui, de nos jours, empêche ces mêmes arbres de se développer à cette altitude ? La réponse habituelle est que les pâturages alpins se trouvent aujourd'hui dans des conditions plus défavorables qu'autrefois, parce qu'il y règne un climat plus rude. Mais ce changement dans le climat n'est pas la véritable cause ; il est, au contraire, le résultat de la destruction des forêts ; car, sans l'intervention de l'homme, celles-ci auraient été amplement de force à résister au climat des hautes régions, comme c'est le cas partout où on les traite avec ménagement. »

Et plus loin : « ..... On trouve dans les tourbières de l'Albula, à 2030 mètres de hauteur, de grands troncs de sapin ainsi que des bouleaux munis de leur écorce ; sur le col de la Bernina, à 2050 mètres et plus, apparaissent des traces analogues d'une végétation antérieure ; on voit sur le Flüela, à une grande hauteur, de vieux arbres desséchés ; à Arosa, des troncs d'arbres ; à Valetta, près Samaden, et au lac supérieur du Schafthal, de longues tiges de sapin au milieu des galets. Dans toutes ces localités, et dans plusieurs autres que nous pourrions citer, il ne croît plus un seul arbre. »

« M. le botaniste L. Leresche m'écrit sur ce sujet : « C'est un fait incontestable que partout, dans les Alpes, la zone forestière des conifères est en voie de dépérissement à sa limite supérieure. Quarante ans de voyages dans les Alpes me l'ont constamment démontré. Partout, des cadavres de sapin d'une grosseur respectable, couchés ou encore debout, se voient là où il n'en croît plus de jeunes de nos jours. Un peu plus bas, ceux qui vivent encore crevottent. — Ce fait est également vrai du cembre (*P. cembra*), du mélèze (*P. Larix* soit *Larix europea*)

et du sapin rouge (*P. abies*) qui sont les espèces qui, chez nous, croissent le plus haut. Cet abaissement est d'au moins deux ou trois cents pieds. Il est trop général et se remarque à de trop grandes distances pour pouvoir être attribué à des causes locales. Des déboisements imprudents le hâtent et l'augmentent sans l'expliquer suffisamment. »

Après avoir rapportés les faits qui sont à la base du débat, M. Dufour ajoute les remarques suivantes :

« Les détails renfermés dans les §§ qui précèdent ne laissent guère de doute sur le fait que la limite des forêts, en beaucoup de lieux de nos Alpes, est actuellement plus basse qu'elle ne l'était jadis. La vigueur et la prospérité des hauts pâturages paraissent avoir diminué également. Cette modification, intervenue dans les derniers siècles, est-elle sûrement et uniquement le fait de l'homme, ou bien peut-on y voir, partiellement au moins, la conséquence d'une modification dans le climat alpestre ?

« Cette question est fort difficile à cause du grand nombre de facteurs qui, directement ou indirectement, peuvent exercer leur part d'influence sur la prospérité de la végétation dans les hautes montagnes. Il est hors de doute que des déboisements inconsidérés ont, dans un grand nombre de lieux, détruit des forêts anciennes et que, par une négligence extrême, ces forêts ne sont pas remplacées. Il est certain également que l'amélioration des routes et des chemins de montagne, venant faciliter les transports, a activé cette exploitation de la zone forestière. — On peut admettre aussi que la coupe d'une forêt, en transformant le sol, peut rendre plus défavorable la position d'une forêt inférieure qui subit alors les effets des glissements de terrain, des avalanches, des éboulements

pierreux, etc. On sait d'ailleurs que la diminution des végétaux arborescents, dans un pays, peut avoir pour conséquence une modification d'une partie au moins de ces conditions climatériques. Le régime des pluies y est un peu changé en ce sens que l'eau du ciel y tombe par plus grandes masses à la fois, s'y distribue autrement durant l'année et donne aux cours d'eau le caractère torrentiel. En outre, la température oscille entre des maxima et des minima plus prononcés.

« Toutes ces circonstances suffisent-elles pour rendre compte du fait signalé, l'abaissement de la limite supérieure de forêts dans les Alpes ?

« Le problème est évidemment trop compliqué pour qu'on puisse lui donner une solution certaine. Il me semble toutefois que, si les motifs généralement donnés pour établir l'intervention fâcheuse de l'homme s'appliquent incontestablement à un grand nombre de cas, on ne saurait soutenir qu'ils rendent compte de tout. Il y a une différence à faire entre la disparition de forêts qui ont été exploitées et qui n'ont pas été remplacées, et ces débris végétaux (troncs desséchés, racines enfouies, etc.) qui se rencontrent au-dessus de la limite où, aujourd'hui, s'arrête la zone forestière, et à une altitude où, dans les circonstances actuelles, les plantes arborescentes ne paraissent pas pouvoir prospérer [1].

[1] A côté de ces faits relatifs aux Alpes, il est intéressant de rappeler ce que dit K. Müller de la disparition de quelques végétaux dans le Nord :

« D'après Mokay, le Pin Sylvestre (*P. sylvestris*) s'éteint complète-
« ment en Irlande, où autrefois il formait de belles forêts.

« En Islande, le bouleau formait autrefois des forêts qui se faisaient
« remarquer par la beauté de leurs arbres, elles disparaissent à vue

« Le témoignage de botanistes compétents, comme MM. Muret et Leresche, laisse subsister des exemples d'abaissement de la zone forestière là où l'intervention de l'homme paraît avoir été nulle.

« On peut remarquer d'ailleurs que, ici comme dans beaucoup d'autres circonstances, on risque de juger avec trop de sévérité le temps actuel en le comparant aux temps plus anciens. Il n'est certes point sûr que nos ancêtres fussent beaucoup plus soucieux que nous de la conservation de leurs forêts ou de la fertilité de leurs pâturages : ils avaient des habitudes semblables à celles d'aujourd'hui : ils élevaient des bestiaux et tâchaient sans doute de tirer le meilleur parti possible des ressources naturelles au milieu desquelles ils vivaient, sans songer, plus que nous, à rajeunir les forêts, à préserver les jeunes taillis de la dent des moutons ou des chèvres, à réparer par l'engrais la vigueur des pâturages [1].

« d'œil. Le même arbre existait autrefois dans les îles Shetland, d'où « il a complétement disparu.

« Dans la Laponie, on trouve des forêts de bouleau qui meurent « sur pied. On voit leurs troncs blancs et leurs branches mortes s'éle- « ver en l'air comme des squelettes. »

(Dr K. Müller : *Das Buch der Pflanzenwelt*, I, p. 50.)

[1] « L'amoindrissement des pâturages élevés, qui paraît un fait si général dans nos Alpes, peut être la conséquence de plusieurs causes, parmi lesquelles on a indiqué, avec beaucoup de raison, l'appauvrissement du terrain. On emporte, sous forme de foin, ou sous forme de produits des bestiaux, les substances mêmes que le sol possède. A la longue, le sol finit par ne plus posséder les matériaux, spécialement les sels inorganiques, nécessaires à la formation du tissu végétal ; il devient stérile Pour lui conserver sa fertilité, il faut évidemment lui rendre sous une forme convenable, ce qu'on lui enlève, il faut lui fournir un *engrais* et le traiter comme on traite les prairies ou les champs de la plaine. C'est ce point de vue réparateur que poursuit, on le sait, avec énergie, depuis quelques années, la société pour l'*Alpenwirthschaft*.

« Est-ce que la diminution de vigueur des pâturages alpins est due

« A une époque fort reculée et que nous ne saurions fixer, les seules ressources de la nature ont permis aux forêts d'atteindre les points élevés où se retrouvent encore aujourd'hui des débris ligneux. Pendant bien des générations arborescentes, ces hautes forêts se sont maintenues au milieu de circonstances climatériques qui permettaient aux graines de germer et aux jeunes rejetons de devenir des arbres vigoureux. Les forêts élevées se sont conservées et reproduites longtemps, indépendamment de l'intervention de l'homme, quoiqu'elles fussent exposées, alors comme aujourd'hui, à bien des influences antagonistes.

« Si, actuellement, la limite de la végétation forestière s'abaisse, il ne suffit donc pas, pour expliquer cet abaissement, de constater que les *soins* de l'homme font défaut. Pour que l'homme ait été et continue à être la seule cause de cet amoindrissement de la haute végétation, il faut autre chose que sa *négligence* : il faut qu'il ait détruit des arbres des stations élevées et, qu'en outre, il continue à *empêcher* par un moyen ou par un autre, la forêt de se propager de nouveau, de bas en haut, comme elle s'était sans doute propagée dans l'origine.

« Il me paraît qu'une explication suffisante de cet amoindrissement de la végétation dans les hautes Alpes est encore à trouver. — Les faits connus sont malheureusement trop peu précis; ils n'ont pas assez le carac-

uniquement à cet appauvrissement naturel du sol, ou bien cet appauvrissement n'est-il qu'un facteur agissant en même temps que d'autres? Dans le doute, et eu égard à l'importance dans tous les cas très-grande du facteur qui vient d'être indiqué, on doit, ce me semble, donner plus d'importance à l'amoindrissement des forêts qu'à celui des pâturages, dans la discussion du problème climatologique. »

tère de données scientifiques. Pour divers motifs, et entre autres à cause du temps prolongé durant lequel ces faits se développent, on n'est pas sûr de les apprécier exactement et de juger, comme elles doivent l'être, les circonstances compliquées au milieu desquelles ils se produisent.

« Ce serait dépasser ce qui peut légitimement se déduire des phénomènes connus que de conclure, avec sûreté, à une modification du climat. D'une autre part, les considérations tirées de l'intervention fâcheuse de l'homme ne paraissent pas suffisantes, et malgré l'opinion des auteurs distingués cités plus haut, j'avoue que la question climatologique me semble demeurer ouverte.

« L'étude soignée des limites de la végétation dans nos Alpes, de la limite des forêts et des pâturages, présente évidemment un très-grand intérêt. Il faudrait étudier d'une façon minutieuse les cas, assez nombreux, où l'on trouve des traces et des débris de végétaux arborescents au-dessus des lieux où ces végétaux s'arrêtent aujourd'hui ; il faudrait voir, dans chaque cas particulier, si cette disparition peut s'expliquer par l'extension donnée aux pâturages, par des éboulements pierreux recouvrant la terre végétale....; si les débris paraissent être les restes d'une destruction par le feu, s'ils proviennent d'individus jeunes ou âgés, etc. Dans beaucoup de cas relatifs, soit à la limite des forêts, soit à l'extension des pâturages, on pourrait trouver peut-être des renseignements précieux dans les archives des communes ou des corporations. Quelles que soient les déductions immédiates que l'on puisse tirer de ces recherches, il sera fort utile de noter, avec autant de précision que possible, *l'état actuel* des choses, afin de laisser ce renseignement à ceux qui,

plus tard, discuteront les problèmes qui nous occupent aujourd'hui.

« A ces investigations sur la végétation alpestre, au point de vue qui vient d'être indiqué, devraient se joindre des observations précises sur l'état actuel et les limites des glaciers ; car l'extension des glaciers est influencée par des variations, même faibles, des divers éléments du climat, spécialement de la température et de l'humidité.

« Il y a, dans ces études portant sur les limites de la végétation et des glaciers de nos montagnes, un champ de recherches où beaucoup de travailleurs peuvent trouver leur place. On peut recommander ces études à tous ceux, si nombreux chez nous, qu'intéresse la grande nature alpestre ; on peut les recommander spécialement aux membres zélés et actifs du Club alpin suisse. — Que les observations soient bien faites, que les résultats en soient consignés avec précision dans les recueils scientifiques, que ce travail se continue patiemment.. ., et nous laisserons à nos successeurs des matériaux qui, joints aux observations météorologiques ordinaires, permettront de résoudre les problèmes que nous agitons maintenant. »

III.

L'auteur passe ensuite à l'examen et à la discussion d'une question que nous ne ferons que mentionner : *est-il vrai que l'olivier était autrefois cultivé en quelques points des bords du lac Léman,* spécialement à Saint-Saphorin et à Montreux.

Les renseignements recueillis par M. Dufour établissent qu'il y a eu au commencement de ce siècle, à Saint-Saphorin, et qu'il y a encore maintenant, à Montreux, des

pieds d'oliviers; mais les recherches auxquelles il s'est livré, et dont il donne les résultats, les informations qui lui ont été fournies par les archives locales l'amènent à ne pas admettre cette prétendue culture productive de l'olivier à une époque antérieure au XVIIIme siècle. Après avoir produit ses informations, il ajoute :

« Les détails qui viennent d'être rapportés aboutissent tous à une conclusion négative. Ils ne constituent assurément pas une preuve complète; mais ces détails me paraissent tels, qu'ils rendent douteuse l'exactitude de l'assertion du *Dictionnaire* de Lavade. Il a pu y avoir autrefois à Saint-Saphorin ou à Chexbres, quelques pieds d'oliviers, comme il y en a eu, nous en sommes certains, au commencement de ce siècle. Ces arbres ont pu périr en 1709 ou 1740 par les hivers rigoureux de ces années-là : mais l'existence d'une culture régulière et productive de l'olivier, d'une dîme de l'huile d'olives n'est, on le voit, point démontrée, et la tradition qui se rapporte à ce fait repose plus probablement sur une erreur. Dans tous les cas, il règne, à cet égard, trop d'incertitudes pour qu'on puisse continuer à citer cette ancienne culture comme une preuve que notre climat a subi de notables changements. »

IV.

« La vigne est cultivée, sur les bords du lac Léman, depuis une époque fort ancienne. La date des premières cultures est difficile à fixer ; mais on est certain que cette date n'est pas postérieure au neuvième siècle.

« *Y a-t-il eu jadis des cultures de vigne dans des lieux où il n'y en pas aujourd'hui ?* »

Pour répondre à cette question, l'auteur indique un bon nombre de renseignements qui établissent, avec certitude, d'anciennes cultures de la vigne dans des lieux où il n'en est plus question actuellement : ainsi à Cossonay, à Senarclens, à Châtel-Saint-Denis, à Moudon, etc.

Quant à l'importance de ce fait, au point de vue climatologique, M. Dufour dit :

« Cette donnée historique a évidemment de l'intérêt ; mais on ne saurait lui accorder beaucoup d'importance dans la question du climat. A une époque où les transports étaient moins faciles et probablement aussi les goûts moins exigeants, on pouvait prendre son parti de récolter un produit de qualité inférieure ou qui n'était bon que dans les années particulièrement favorables. A mesure que les facilités de communications se sont augmentées, il était naturel d'abandonner une culture dont le rendement était incertain ou médiodre. »

V.

« *L'époque de la vendange a-t-elle varié, depuis quelques siècles, dans les vignobles du bassin du lac Léman?* L'époque de la vendange est, on le sait, dépendante d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels les conditions climatériques sont assurément les plus importantes. D'une année à l'autre, cette époque varie beaucoup : plus précoce dans les années chaudes, elle est retardée dans les années froides et humides. Si donc l'on avait la date des vendanges pendant un grand nombre d'années successives et dans un même lieu, cette date, par son changement ou par sa constance, pourrait fournir un renseignement intéressant touchant le climat. Les écarts d'une année à l'autre sont sans doute notables ;

mais il est évident que si l'on compare les *époques moyennes* d'un groupe un peu considérable d'années, ces époques devront peu varier si le climat lui-même ne varie pas. Inversément, une modification lente du climat, dans un sens ou dans l'autre, devra se faire sentir dans l'époque de la maturité du raisin.

« Il est hors de doute que d'autres facteurs jouent un rôle plus ou moins important dans le choix du moment où se fait la récolte, et ce serait une grave erreur que de le méconnaître. Ainsi, le genre de plant que l'on cultive influe sur le moment de la maturité. Si, dans un vignoble, on introduit de plus en plus un plant précoce, en remplacement d'un plant plus tardif, on verra l'époque moyenne de la vendange avancer dans l'année. L'emploi plus ou moins abondant des engrais et l'espèce d'engrais ont aussi une influence sur le moment de la maturité du raisin.

« Sans méconnaître l'importance de ces divers facteurs, il me semble que leur influence est secondaire, comparée à celle de la variation ou de la permanence du climat, et il y a certainement un grand intérêt météorologique à rechercher qu'elles ont été les dates des vendanges dans les siècles antérieurs. »

Après ces considérations, M. Dufour indique les recherches qu'il a faites pour connaître le moment de la vendange dans les temps anciens, et celles qu'il doit à divers collaborateurs (MM. E. Chavannes, Dr Nicati, Fauquex, Falquier). Les renseignements ont tous été tirés des archives communales.

Dans un tableau étendu, l'auteur donne les dates des vendanges pour quatre localités du versant Nord et Est du lac Léman : Lausanne, Lavaux (Riez), Aubonne et

Veytaux. Ces dates remontent à 1480 pour Lausanne, à 1582 pour Lavaux, à 1551 pour Aubonne, et 1742 pour Veytaux [1]. Il y a, dans chaque série, un certain nombre d'années pour lesquelles on n'a pas trouvé de renseignements.

Afin de voir s'il y a eu quelque variation générale et continue de la date de la vendange, et afin d'éliminer les écarts d'une année à l'autre, l'auteur a groupé un nombre d'années un peu considérable, il a cherché la date moyenne de chaque groupe, puis il a comparé ces dates moyennes. Nous donnerons ici, comme exemple, le tableau résumé qui se rapporte à Lavaux. La colonne A renferme la durée totale d'un groupe; B, le nombre d'années dont l'époque de la vendange est connue ; C, la date moyenne de la vendange dans le groupe :

PÉRIODES.	A	B	C
1582—1596	15 ans	13 ans	3,1 octobre.
1597—1626	31	22	28,8 septembre.
1627—1656	30	27	4,4 octobre.
1657—1686	30	30	12,0 »
1687—1716	30	30	24,6 »
1717—1746	30	30	24,9 »
1747—1776	30	26	25,5 »
1777—1806	30	30	13,1 »
1807—1836	30	30	16,3 »
1837—1868	32	23	12,4 »
	288 ans	261 ans	

Les résultats consignés dans ces tableaux sont aussi représentés graphiquement par des courbes qui mettent

[1] Le calendrier grégorien ayant été établi dans le pays de Vaud seulement en 1701, toutes les dates antérieures à cette époque ont naturellement subi la correction nécessaire pour qu'elles soient comparables aux dates actuelles.

bien en évidence ce qu'a été la variation de l'époque de la vendange dans les quatre localités indiquées.

L'examen du tableau détaillé, des divers résumés et des courbes, amène l'auteur à présenter un certain nombre de remarques ou de conclusions que nous reproduisons en partie :

« Les vendanges les plus précoces ont été, pour Lausanne, celles de 1503 et de 1822 ; on vendangea alors les 16 et 17 septembre : — pour Lavaux, celles de 1636 et de 1822.

« Les vendanges les plus tardives ont été, pour Lausanne et Veytaux, 1816 et 1698 (11 et 19 novembre) ; — pour Lavaux, 1816 (9 novembre) ; pour Aubonne ; 1698 et 1816. »

« On peut remarquer, en tenant compte de ces divers renseignements, que l'année 1822 occupe le premier rang, comme année précoce, à Lausanne et Veytaux, et le second rang, à Lavaux et Aubonne. En revanche, 1816 occupe le rang le plus extrême, dans les années tardives, à Lausanne, à Veytaux, à Aubonne, et n'est dépassé à Lavaux, sous ce rapport-là, que par 1698. Il est assurément curieux de constater ainsi que les deux extrêmes de précocité et de retard, dans une longue période de trois siècles, se présentent à six années d'intervalle seulement.

« A Lausanne, à Lavaux et à Aubonne, l'époque des vendanges a retardé d'une façon assez considérable dans le courant du dix-septième siècle. Dans la dernière partie du dix-septième, ainsi que dans les deux premiers tiers du dix-huitième siècle, la vendange a été bien plus tardive qu'elle ne l'était dans le seizième siècle ou au

commencement du dix-septième. Cette différence est telle que, pour Lausanne, elle représente un retard moyen de dix à douze jours ; pour Aubonne, un retard de 14 à 15 jours; et pour Lavaux, un retard plus considérable encore, de 20 jours environ.

« Dans la fin du dix-huitième siècle, les vendanges ont de nouveau été plus précoces ; mais en demeurant plus tardives qu'elles ne l'étaient un siècle et demi ou deux siècles plus tôt.

« Le siècle actuel présente des vendanges moins tardives que celles de la plus grande partie du siècle passé. Il y a eu surtout quelques dates précoces, à partir de 1850, qui avancent notablement la moyenne des trente dernières années.

« La variation qui vient d'être indiquée, du seizième au dix-huitième siècle, se montre encore dans quelques faits ou quelques rapprochements remarquables.

« A Lausanne, entre 1480 et 1660, les tableaux fournissent 76 années dont la date de la vendange est connue : sur ce nombre, il y a 25 dates en septembre, c'est-à-dire *une* sur *trois*.

« A Lavaux, de 1557 à 1646, sur 58 années indiquées, on a vendangé 29 fois en septembre, soit *une* année sur *deux*. Les vendanges en septembre deviennent de plus en plus rares vers la fin du dix-septième siècle et, à partir de 1684, elles manquent complétement durant 110 années. Elles sont devenues moins rares dans le siècle actuel.

« En revanche, de 1691 à 1794, c'est-à-dire pendant plus d'un siècle, embrassant presque tout le dix-huitième, on n'a pas vendangé une seule fois en septembre, à Lausanne.

« D'une autre part, les vendanges en novembre ne paraissent pas à Lavaux jusqu'en 1675; tandis qu'elles se présentent 28 fois de 1690 à 1790. Elles sont devenues plus rares dans le siècle actuel.

« A Aubonne, sur 99 ans connus jusqu'en 1670, il y a seulement trois vendanges en novembre. Depuis lors, jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, sur 105 ans connus, il y a 33 de vendanges en novembre.

« En comparant le dernier tiers du dix-septième siècle et les deux premiers tiers du dix-huitième, on trouve que les dates moyennes de vendange sont demeurées sensiblement invariables durant trois périodes d'environ trente années chacune. Cela semble indiquer une permanence assurément remarquable, durant environ un siècle, des circonstances qui influent sur le moment de la récolte.

« Les données fournies pour Veytaux embrassent une période trop peu étendue pour qu'elles puissent servir à des comparaisons analogues aux précédentes. On peut remarquer cependant que, à Veytaux aussi, la date de la vendange a un peu avancé dans le second tiers du dix-huitième siècle, puis elle a reculé, comme à Lausanne, à Lavaux et à Aubonne dans le premier quart du siècle actuel.

« La variation qui vient d'être mise en évidence pour l'époque de la vendange, du seizième au dix-huitième siècle, est certainement frappante. Il y a, d'une façon générale, un retard du seizième siècle jusqu'à l'époque actuelle. Le retard a été surtout considérable dans le courant du dix-septième siècle, et les vendanges sont demeurées fort tardives dans le dernier tiers du dix-septième et dans la plus grande partie du dix-huitième siècle. S'il s'agissait d'une faible différence ou bien seulement d'une

variation constatée durant un petit nombre d'années, ces faits présenteraient une importance médiocre; mais il s'agit ici de périodes fort longues, puisque les divers groupes dont on compare les moyennes sont, pour la plupart, supérieurs à un quart de siècle, et que les comparaisons ont pu porter sur neuf ou dix groupes pareils. »

Pour ce qui concerne Genève, l'auteur a obtenu, de M. Galiffe, des renseignements nombreux sur l'époque de la vendange au seizième siècle, et de MM. Micheli et J. Naville des renseignements sur les vendanges du dix-huitième siècle et du siècle actuel.

Les faits cités par M. Galiffe se rapportent essentiellement à la première moitié du seizième siècle. On vendangeait alors notablement plus tôt que maintenant. Les vendanges au mois de septembre [1], et même dans les premiers jours de ce mois, sont assez ordinaires, et les données relatives à Genève viennent donc confirmer celles qui se rapportent à divers vignobles vaudois.

« La variation qu'a subie le moment de la vendange dans les vignobles du bassin du Léman, entre le seizième et le dix-huitième siècle, est telle, que cette variation paraît accuser une ou plusieurs influences systématiques, influences qui peuvent se chercher dans les causes météorologiques ou bien dans le mode de culture, l'espèce de plant cultivé, le goût, etc. »

Quels sont les changements qu'ont subis le mode de culture et la qualité des plants ?... M. Dufour dit qu'il n'a pu obtenir, sur cette question et pour les vignobles vaudois, que des renseignements incomplets et *très-peu précis*. Il ne

[1] Correction faite du changement du calendrier.

lui paraît pas possible de leur donner la moindre autorité dans le débat.— Pour ce qui concerne Genève, M. Galiffe ne pense pas que le retard de la vendange puisse être attribué à une modification du mode de culture ou des plants cultivés, et dans une lettre que publie M. Dufour, il indique les motifs qui lui font admettre cette opinion.

M. Dufour, tout en appréciant les considérations développées par M. Galiffe sur ce point, ajoute que ces considérations ne lui paraissent pourtant pas telles, que le problème puisse être considéré comme résolu. La variation climatologique en est peut-être rendue plus probable; mais cette variation n'est pas encore établie par des preuves suffisantes.

Sur ce point particulier, l'auteur ajoute :

« On a vu plus haut que la vendange a présenté un retard qui est surtout considérable vers la fin du dix-septième siècle. C'est l'époque où sont arrivées chez nous de nombreuses familles du midi de la France, chassées par les persécutions religieuses. Il n'est pas impossible que ces nouveaux-venus, aujourd'hui nos compatriotes, arrivant de contrées où la vigne est très-répandue, aient introduit des procédés de culture différents de ceux qui étaient en usage alors, et que leur intervention, leurs conseils aient fait retarder le moment de la récolte.

« Il y aurait peut-être aussi à tenir compte des goûts et des habitudes, qui ont pu changer suivant les époques, alors même que rien, dans l'ordre naturel, ne venait expliquer ou provoquer ce changement. On a pu, à certains moments, redouter par-dessus tout la pourriture et cueillir le raisin plus tôt, même avant une maturité suffisante. Plus tard peut-être, on a préféré attendre une maturité plus

complète, au risque d'avoir une plus forte proportion de raisin pourri.

« Si l'on compare les époques des vendanges à Lausanne et à Veytaux, depuis un siècle, on a précisément un exemple qui prouve l'influence que peuvent avoir les habitudes ou les goûts, variant avec le temps et avec les lieux. — Vers le milieu du siècle passé, on vendangeait à Veytaux, en moyenne, environ dix jours plus tôt qu'à Lausanne. A la fin du siècle et au commencement du siècle actuel, les vendanges, dans ces deux localités, se faisaient à peu près à la même époque. Aujourd'hui, et depuis bien des années déjà, on ne vendange, dans les vignobles situés vers l'extrémité orientale du lac, que plusieurs jours seulement après Lausanne.

« Ces différences sont remarquables dans le courant d'un siècle, et elles ne peuvent pas être attribuées à quelque cause climatologique, laquelle aurait du agir en sens inverse à quelques lieues de distance.

« En présence de la grande complication du problème, en présence de l'incertitude qui règne quant à la part plus ou moins grande qu'ont pu avoir les divers éléments qui influent sur le moment de la récolte, il n'est pas possible d'asseoir, sur ce phénomène du retard de la vendange, une conclusion qui ait un caractère de certitude scientifique, soit quant au changement, soit quant à la constance du climat. »

VI.

Après l'exposition de la discussion des faits qui peuvent servir à élucider le problème de la variation du climat, l'auteur continue comme suit :

« Les considérations ou les faits exposés dans les pages précédentes ne permettent assurément pas de donner une solution précise au problème de la constance ou de la variabilité du climat. — On peut cependant rapprocher les résultats qui dérivent des trois ordres de faits étudiés plus haut, et ce rapprochement autorise, ce me semble, les remarques suivantes :

« 1. L'amoindrissement de la végétation, et spécialement de la végétation forestière, dans les hautes Alpes, peut être attribué à diverses causes parmi lesquelles se trouve une variation du climat. Si cette dernière cause est réelle, les faits observés montrent que c'est dans le sens d'une détérioration que le climat a varié.

« 2. Le fait que la vigne était jadis cultivée en plusieurs points de notre pays où, actuellement, cette culture a disparu et où la vigne prospérerait mal, peut être attribué à diverses causes parmi lesquelles se trouve une variation du climat. Si cette dernière cause a réellement agi, cet abondon de la culture de la vigne montre que c'est dans le sens d'une détérioration que le climat a varié.

« 3. La variation de l'époque de la vendange, depuis trois siècles, dans les vignobles du bassin du Léman, peut être attribuée à diverses causes parmi lesquelles se trouve un changement dans le climat. Si ce changement a eu réellement une part d'influence, les comparaisons entre l'époque actuelle et les seizième et dix-huitième siècles indiqueraient une détérioration prononcée du climat dans la seconde moitié du dix-septième et dans le courant du dix-huitième siècle, détérioration à laquelle auraient succédé, depuis environ cent ans, des conditions moins défavorables.

4. « Les trois conclusions qui précèdent ne sont point rigoureusement concordantes : mais elles offrent cependant un accord général, en ce sens que toutes aboutissent à faire soupçonner des conditions climatologiques moins favorables actuellement qu'au seizième et au commencement du dix-septième siècle. Cet accord peut être considéré comme une *présomption* favorable à l'hypothèse que le climat a réellement varié.

5. « Les nombreux éléments d'incertitude qui pèsent sur tout ce sujet ne permettent point de considérer la variation du climat comme démontrée. Mais la question demeure incontestablement ouverte, et l'affirmation habituelle de beaucoup de météorologistes de notre temps que « le climat ne varie pas, » n'est, dans tous les cas, pas mieux que l'affirmation contraire, une légitime déduction des faits connus.

« Dans le problème de la variation du climat, on s'inquiète généralement, en première ligne, des conditions de température : mais il est bien évident qu'une variation importante pourrait être due à un changement qui ne serait que peu ou pas sensible au thermomètre. Ainsi, l'humidité de l'atmosphère, dans l'année entière ou dans une saison seulement, pourrait subir des variations, et ce fait serait probablement une conséquence d'un changement dans le régime des vents, ou le contre-coup d'une modification survenue ailleurs. Si la quantité d'eau qui tombe, ou si seulement la répartition de cette eau durant l'année se trouvait changée, cela modifierait évidemment un caractère important du climat. Quant à la température, une même moyenne pourrait résulter de maxima et de minima plus ou moins écartés.

« Il est évident que, dans le problème actuel, la discussion de tous ces points de détail n'est pas possible parce que nous manquons d'observations assez anciennes sur le mouvement de l'air, sur son humidité, sur la chute de la pluie, etc. ; mais il ne faut pas oublier que si des changements sont constatés dans la végétation, si même nous admettons qu'une modification du climat a pu les provoquer, la variation de la température ne doit pas être seule prise en considération. Ainsi, à propos de la végétation dans les hautes Alpes, il faudrait, par une étude analogue à celle qui est essayée dans le chapitre VII, rechercher quels sont les éléments du climat qui influent principalement sur la limite à laquelle s'élèvent tels ou tels arbres. On peut voir, dans la *Géographie botanique* de M. de Candolle, un certain nombre de cas pour lesquels cette étude a pu être faite.

« Si l'on prend garde au fait que la variation d'un seul des éléments du climat est, en définitive, peu probable : que, s'il y a eu quelque changement, ce changement a eu lieu simultanément, mais peut-être dans une mesure inégale, pour la température, l'humidité, la quantité de pluie, etc. ; si l'on observe que chacun de ces éléments variables agit comme un facteur d'une importance donnée sur les faits à l'aide desquels nous tâchons de sonder ce difficile problème [1] (vigueur de la végétation, époques de maturité, mouvements des glaciers, etc.) ; si l'on remarque enfin que, même avec une variation réelle du

[1] On verra plus loin que, pour ce qui concerne la maturité du raisin, le régime des pluies paraît avoir peu d'importance comparé au facteur température. — Il est certain, en revanche, que la précipitation aqueuse agit comme un facteur très-important dans le phénomène de la haute végétation alpine et dans le mouvement des glaciers.

climat, il pourrait se produire une neutralisation dans les effets de ces divers facteurs (ainsi, pour les glaciers, une plus grande humidité peut neutraliser une plus grande chaleur) ;... on apercevra toute la complication extrême de ce problème et l'impossibilité d'asseoir, sur nos données actuelles, des conclusions qui aient quelque rigueur scientifique.

A l'occasion des remarques qui précèdent, et de l'importance du facteur « humidité, » je me permettrai de citer quelques passages d'une lettre que M. A. de Candolle a bien voulu m'adresser sur ce sujet. Quoique M. de Candolle parle surtout de temps beaucoup plus anciens que ceux dont il a été question dans le présent travail, l'opinion de l'illustre botaniste n'en est pas moins intéressante à rapporter ici.

« ..... Il y a, en géographie botanique, des indices d'une certaine diminution de l'humidité en Europe, si ce n'est dans les derniers temps historiques, du moins depuis l'époque géologique tertiaire et même depuis que les glaciers ont disparu de nos plaines.

« Deux faits me paraissent assez significatifs, particulièrement le second. Voici ces faits :

« 1° Les espèces qui vivent dans les eaux douces et dans les marais ou prés humides ont une aire géographique très-vaste. Cela tient probablement à plusieurs causes, par exemple à ce qu'elles ont moins de concurrents ou moins d'ennemis dans ces stations défavorables à la plupart des végétaux et animaux, à ce que les oiseaux aquatiques les transportent aisément, et peut-être à leur ancienneté d'existence. Il est cependant assez naturel de croire que d'anciens marais ou des communications qui

n'existent plus entre les rivières, et des sécheresses moins intenses favorisaient autrefois les plantes de cette catégorie. Leur aire très-vaste étant un fait constaté dans toutes les régions du globe, la plus grande humidité des temps anciens, si elle a influé, aurait été un phénomène général. Ce ne serait pas fort extraordinaire ; car sans entrer dans l'hypothèse d'une diminution de l'eau ou des vapeurs aqueuses de notre globe, il est clair que les montagnes se dégradent et que leur moindre élévation tend à diminuer sur les îles et les continents la chute de la pluie et de la neige.

« 2° Les plaines de la Suisse, de la Gaule, de l'Allemagne et du nord de l'Italie s'étaient couvertes de forêts à mesure que les glaciers se retiraient sur les hauteurs. Il fallait pour cela un certain degré d'humidité (pas trop, ni trop peu), degré qui ne paraît plus exister aujourd'hui; car nous ne voyons guère les terrains vagues se couvrir d'arbres, à moins que l'homme y contribue. Ceci est vrai, en particulier, du midi et du centre de l'Europe. Dans le nord-ouest, l'humidité est encore assez grande. Aussi les forêts s'établissent aisément en Danemark, en Angleterre, etc., tandis que chez nous et en Italie, en France, les terrains dénudés se couvrent plutôt de broussailles épineuses ou de graminées.

« Du reste, la marche des événements physiques et agricoles, depuis l'époque glaciaire européenne, explique et confirme cette manière de voir. La fonte graduelle des grands glaciers a dû produire, pendant quelques siècles ante-historiques, une grande abondance de ruisseaux, rivières, lacs et marais qui ont ensuite diminué. Au commencement de l'époque historique, la Suisse, la Gaule, l'Allemagne et même la Haute-Italie étaient couvertes

d'immenses forêts, souvent entremêlées de marécages, dont l'état actuel de la Lithuanie et de l'Ukraine peuvent donner l'idée. Les arbres élevaient et exhalaient une énorme quantité de vapeur qui se trouvait à portée de constituer des nuages et que les vents entraînaient sur les montagnes. L'homme n'a pas cessé ensuite de diminuer les forêts, de diguer les rivières, de creuser des fossés et des rigoles, de saigner les marais et plus récemment de drainer. Sans doute, il a créé quelques canaux d'irrigation, mais c'est seulement dans le midi, et les travaux d'écoulement des eaux dépassent immensément ces opérations d'arrosement. De là un ensemble de causes dont le résultat lent, mais certain, est de diminuer l'humidité des surfaces terrestres en Europe. Je ne dis pas qu'on s'en aperçoive d'un siècle à l'autre. Au contraire, il est probable que les variations de l'humidité d'une année à l'autre, et d'une saison d'une année à la même saison des autres années, masquent la tendance générale dont je parle ; mais si l'on considère les temps historiques et ante-historiques dans de longues séries de siècles, l'humidité a probablement diminué. »

« Il n'entre point dans le cadre de ces *Notes* d'examiner les *causes* qui peuvent être invoquées soit en faveur de la thèse du climat constant, soit en faveur de la thèse contraire. Dans cette question d'ailleurs, l'essentiel, pour le moment, est de traiter les points de fait, si difficiles à établir ; car là où les faits sont encore douteux, la discussion des causes perd un peu de son intérêt.

« Les données de la géologie fournissent incontestablement la preuve que les climats de notre globe ont été jadis fort différents de ce qu'ils sont aujourd'hui. La

cause de ces différences peut être cherchée, et a été cherchée, on le sait, soit dans les phénomènes cosmiques, soit dans les conditions particulières (distribution, proportion des terres et des mers, etc.) qu'offrait alors la surface de notre globe. Mais on dit, avec quelque apparence de raison, que dans les temps où nous sommes et dans une période de quelques siècles, il n'y a aucun changement sensible ni dans la situation de la terre comme corps céleste, ni dans la configuration des terres et des mers, ni dans l'élévation des continents, etc. Cette invariabilité doit avoir pour conséquence l'invariabilité des climats.

« A cette manière de raisonner, on peut opposer, entre autres, les considérations suivantes :

« 1. La constance des conditions d'ordre cosmique, même pendant le court intervalle de quelques siècles, n'est pas absolument certaine. La chaleur émise par le soleil n'est peut-être pas aussi constante que nous le croyons, celle des étoiles non plus. La température de l'espace où notre terre est entraînée, avec tout le système solaire, n'est point nécessairement constante. Sur ces questions-là, d'ailleurs, nos connaissances sont très-incertaines, incomplètes, et l'on ne peut rien affirmer, pas plus dans un sens que dans un autre. — Seulement, il est juste de reconnaître que si des conditions de cet ordre-là changeaient pour notre terre, l'influence s'en ferait sentir partout ; elle serait générale et non point locale. On a vu précédemment (§ 4) que ce qui nous est connu ne permet pas d'affirmer un changement général et systématique des climats sur notre terre, au moins dans les vingt ou trente derniers siècles.

« 2. L'action de l'homme modifiant la surface de la

terre peut donner lieu à quelque changement dans le climat. On admet généralement aujourd'hui que la disparition des forêts, par exemple, ou bien des travaux de drainage étendus, peuvent changer les éléments météorologiques. Cette influence demeure sans doute renfermée dans des limites assez restreintes. Le régime des pluies et des vents, l'état habituel de l'atmosphère qui caractérise un pays, dépend, dans une grande mesure, de circonstances lointaines, et les changements que l'homme peut apporter à la surface du sol sont, en définitive, des facteurs très-secondaires comparés aux grands faits (latitude, relief des continents, proximité ou éloignement des mers, etc.) sur lesquels il n'a aucune prise, et qui influent sur le climat.

« Pour ce qui concerne les Alpes, par exemple, il est pour le moins douteux que le déboisement, dans les limites où il a été pratiqué jusqu'ici, puisse être une cause quelque peu importante d'un changement de climat, et je ne saurais partager l'opinion des auteurs qui considèrent ces déboisements comme l'origine d'une détérioration du climat assez grave pour provoquer, à son tour, un amoindrissement de la végétation des hautes régions des montagnes

« 3. Au milieu des conditions en apparence assez constantes du temps où nous vivons, il se produit, pour un même pays et durant des périodes plus ou moins longues, de véritables modifications du climat. Deux années successives où devraient, semble-t-il, se rencontrer les mêmes phases de réchauffement ou de refroidissement, dans une périodicité aussi rigoureuse que la périodicité des causes cosmiques qui les produisent, deux années, dis-je, diffèrent souvent beaucoup l'une de l'autre. Ces

différences, nous les rattachons généralement au régime variable des vents ; mais nous ignorons pourquoi ce régime lui-même est si peu constant, et il y a là évidemment un problème encore irrésolu pour la météorologie.

« On sait, grâce surtout aux belles comparaisons de M. Dove, que ces modifications d'une année à l'autre ne sont point générales ; ce qui a lieu dans une contrée est l'inverse de ce qui a lieu dans une autre, et un froid exceptionnel dans une région est compensé, en quelque sorte, par une chaleur exceptionnelle dans une autre. Le rude hiver de 1788, en Europe, avait sa compensation en Amérique où il était relativement doux ; l'hiver de 1830 a présenté un phénomène analogue.

« Mais le caractère particulièrement chaud ou particulièrement froid se maintient souvent, on le sait, pour une même contrée pendant plusieurs années consécutives. On a vu plus haut (§ 7) combien est remarquable, sous ce rapport-là, la série des neuf années que nous venons de traverser. Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible d'indiquer avec certitude la cause de ces anomalies, ou plutôt de ces *variations*, car ce sont de véritables variations à courte période, si frappantes dans le climat d'une même contrée, et c'est plutôt par hypothèse que par suite d'une constatation des faits qu'on a essayé de les rattacher à des déplacements dans les grandes surfaces de glace des mers polaires, à des changements dans la direction des grands courants marins (Gulfstream), etc.

« Or, puisqu'il y a des variations plus ou moins locales qui embrassent ainsi quelques années, il est fort possible que des variations analogues embrassent des périodes de

quelques siècles. — Ces variations prolongées ne seraient pas plus inexplicables pour nous que ne le sont des changements d'une moindre durée dont l'existence est absolument certaine. Rien donc ne doit nous empêcher, ce me semble, d'admettre comme possibles des changements dans le climat d'une *portion seulement* de la surface du globe, changements qui peuvent se maintenir durant un temps plus ou moins long, et se manifester tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. — Si ces changements ou ces oscillations à longue période existent réellement, offrent-ils une compensation comme celle que M. Dove a signalée ; cette compensation a-t-elle lieu parfois entre l'Europe et l'Amérique comme dans plusieurs des exemples cités par le savant météorologiste ?..... Ce sont là des questions qui ne peuvent que se poser à l'époque actuelle ; leur solution est réservée à un avenir probablement assez lointain. »

VII.

Dans la dernière partie de son mémoire, l'auteur examine la question suivante : « Y a-t-il un des éléments « météorologiques qui soit, plus directement que les au- « tres, en rapport avec la précocité ou le retard de la « vendange ? » Afin d'être éclairé sur ce sujet, il a comparé les dates des vendanges (moyenne entre Lausanne, Lavaux et Veytaux) durant les quarante dernières années, avec les températures et les pluies observées. Les observations de Genève, connues avec beaucoup de détail depuis 1826, fournissent les données météorologiques nécessaires.

Nous ne reproduirons pas les détails numériques des comparaisons faites par M. Dufour, et nous nous borne-

rons à donner une partie des conclusions qui en découlent :

« La température de l'été et de septembre est bien, d'une façon générale, le facteur qui influe le plus sur le moment de la récolte. On voit, en outre, que cette influence est d'autant plus considérable que la vendange a lieu plus tôt, ou, en d'autres termes, que les années très-précoces sont, sans exception, des années à été et septembre particulièrement chauds. Mais si la température de l'été et de septembre est bien un facteur important, les circonstances du printemps sont loin d'être indifférentes. Les printemps chauds se sont rencontrés dix fois sur onze avec les années précoces, et les printemps froids, six fois sur sept avec les années tardives. Il est donc permis de dire, basé sur l'expérience des quarante dernières années, que la météorologie du printemps permet de prévoir, avec une certaine probabilité déjà, si la vendange sera précoce ou tardive [1].

« Quant à la température de l'hiver qui précède l'année qu'on considère, elle paraît assez indifférente d'après les documents qui précèdent. Pour les années exceptionnellement précoces, toutefois, on peut remarquer que 1834

[1] « M. Dove (*loc. cit.* p. 155) signale déjà l'importance de la température du printemps pour hâter ou pour retarder les diverses phases du développement des plantes. Si l'hiver a été doux, un printemps chaud fournit bientôt aux plantes la somme de température qui leur est nécessaire et qui, habituellement, exige un temps plus long. Il n'est pas nécessaire alors que les mois d'été soient supérieurs à leur température moyenne pour qu'on voie se produire des phénomènes de floraison ou de maturité hâtives. En 1822, les mois d'août et de septembre ont été un peu plus froids que la moyenne; mais l'hiver et le printemps avaient été extrêmement doux, et la maturité des fruits, en automne, s'est trouvée exceptionnellement précoce. »

et 1846 ont été précédées d'hivers fort doux. Il y a longtemps déjà que M. Dove a signalé cette douceur des hivers avant les années remarquables par leur précocité de vendange et par la qualité des vins, ainsi 1822, 1819, 1811. L'année 1865 fait exception.

« La chute de la pluie dans l'été ou dans l'année entière paraît moins importante qu'on aurait pu le penser. On voit que, entre les années précoces et les années tardives, il n'y a pas de différence prononcée, soit quant aux jours pluvieux, soit quant à la quantité d'eau tombée. »

SUR LA

COULEUR DU LAC DE GENÈVE

ET DE LA MÉDITERRANÉE

PAR

M. J. TYNDALL.

(Traduit du journal *Nature, a weekly illustrated Journal of Science*, 20 octobre 1870.)

J'ai été obligeamment mis en possession de deux bouteilles d'eau de la Méditerranée provenant de la côte de Nice, et je suis redevable à mon ami, M. Soret, de deux flacons d'eau du lac de Genève. L'un et l'autre de ces envois avaient pour objet de me mettre à même d'examiner dans quelle mesure la coloration de l'eau était l'effet de la diffusion de la lumière par les petites particules en suspension, phénomène par lequel la couleur du ciel s'explique d'une façon si plausible. M. Soret a étudié la question avec succès sur le lac de Genève même, et je désirais essayer d'autres méthodes d'expérimentation.

Les flacons, tels que je les ai reçus et sans les déboucher, ont été placés sur le trajet d'un faisceau convergent de lumière électrique. De l'eau optiquement homogène aurait transmis les rayons sans en déceler le passage. Le trajet de la lumière dans une pareille eau serait aussi invisible que dans de l'air optiquement pur. Or le cône lumineux qui traversait le liquide s'est trouvé

distinctement bleu dans les deux cas, l'eau du lac de Genève donnant lieu à une couleur spécialement riche et pure. Il existait donc dans le liquide quelque chose qui interceptait et diffusait en plus grande proportion les rayons les plus réfringents du faisceau. Les rayons les moins réfringents étaient aussi diffusés, mais dans une trop faible proportion pour rendre blanche la trace de la lumière. En fait, l'action était identique avec celle du ciel. Analysée par un prisme de Nicol, la lumière a été trouvée polarisée, et la polarisation était à son maximum dans la direction perpendiculaire à celle du faisceau. Suivant cette direction, la lumière était sensiblement complétement polarisée. Un cristal de tourmaline avec son axe perpendiculaire au faisceau lumineux était transparent ; avec son axe parallèle au faisceau, il était opaque. En secouant le liquide, on faisait flotter et briller de plus grosses particules. Lorsque la lumière d'un bleu délicat, visible entre ces particules, était éteinte par le prisme de Nicol, les points brillants correspondant aux particules elles-mêmes restaient lumineux dans le champ obscur. Une plaque concave de sélénite placée entre le prisme et l'eau faisait apparaître un système d'anneaux vivement colorés. Ces anneaux avaient le plus d'éclat lorsqu'on regardait dans une direction perpendiculaire au faisceau lumineux, de la même manière qu'ils sont le plus brillants aussi lorsqu'on regarde le ciel perpendiculairement à la direction des rayons solaires. Il ne m'a pas été possible de reconnaître de différence entre le bleu de l'eau et le bleu du ciel. La coloration produite par l'eau de la Méditerranée était un bon bleu de ciel, tandis qu'avec l'eau du lac de Genève, on obtenait un bleu égalant celui d'un ciel exceptionnellement pur.

Il y a déjà longtemps que les tentatives pour expliquer la couleur du lac de Genève ont excité mon intérêt, et des observations que je fis en 1857 me convainquirent de plus en plus qu'il s'agissait d'un bleu produit par un milieu trouble. Peu de temps après j'écrivis, touchant cette coloration :

« N'est-il pas probable que cette action d'une matière très-divisée peut avoir une influence sur la couleur de certains lacs de la Suisse, de celui de Genève par exemple ? Ce lac n'est autre chose qu'un élargissement du Rhône qui descend de l'extrémité du glacier du même nom. De nombreux torrents se joignent au Rhône pendant son trajet, et ces tributaires, qui presque tous proviennent de glaciers, apportent avec eux la matière très-divisée que la glace détache des rochers en passant sur eux. Des particules de toutes dimensions sont ainsi détachées, et je ne puis m'empêcher de croire que les plus ténues d'entre elles doivent rester en suspension d'un bout à l'autre du lac. Faraday a montré qu'un précipité d'or peut être assez ténu pour qu'il faille un mois avant qu'il soit descendu au fond d'un flacon de cinq pouces de haut ; et, suivant toute probabilité, des *âges* de calme seraient nécessaires pour amener au fond du lac de Genève toutes les particules qui flottent dans ses eaux. Il semble qu'il vaut certainement la peine d'examiner si ces particules en suspension ne contribuent pas à ce magnifique bleu qu'ont admiré tous ceux qui l'ont vu dans des circonstances favorables. »

Les observations de M. Soret et celles que je viens de décrire font de l'hypothèse que j'émettais, il y a trente ans, une vérité aujourd'hui.

Mais, s'il est démontré que l'action des particules ténues est une cause suffisante pour produire la coloration bleue, elle n'est pas la seule cause agissante. Le lac de Genève ne présente pas seulement le bleu provenant de la diffusion de la lumière par des particules en suspension, mais aussi le bleu qui est dû à une véritable absorption moléculaire. Effectivement, s'il n'en était pas ainsi, la lumière transmise à travers une colonne d'eau serait jaune, orangée ou rouge, comme la lumière du soleil levant ou couchant. Ainsi, non-seulement la lumière est bleue de fondation dès qu'elle est réfléchie par les particules, mais encore les rayons moins réfrangibles qui accompagnent toujours le bleu sont absorbés dans la transmission de la lumière diffusée. Je considère la couleur bleue exceptionnellement intense, soit de la Méditerranée, soit du lac de Genève comme complétement expliquée par ces deux causes réunies, la diffusion et l'absorption.

En 1869, M. Lallemand a communiqué à l'Académie des sciences de Paris un mémoire intéressant sur les phénomènes optiques que présentent certains solides et certains liquides, lorsqu'ils sont éclairés, comme les nuages *actiniques* dans mes expériences. J'avais, moi-même, en 1868, examiné de cette manière un grand nombre de liquides et de solides, et on peut trouver un résumé succinct de ces expériences à la fin d'un mémoire sur la couleur bleue du ciel et la polarisation de la lumière céleste, publié dans les comptes rendus de la Société royale du 16 décembre 1868 (*Proceedings of the Royal Society*[1]). M. Lallemand admet que la diffusion de la lumière est produite, non par des particules étrangères mais par les

[1] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXIV, p. 156.

molécules elles-mêmes des liquides sur lesquels il expérimente. D'autre part M. Soret combat cette nouvelle manière de voir et maintient que la diffusion de la lumière est une affaire de particules et non de molécules. Bien que je ne puisse qu'admirer la science et l'habileté du jeune physicien français, je n'hésite pas à me ranger à l'avis de M. Soret, dans cette discussion.

M. Lallemand invoque une cause tout à fait hypothétique, quand il s'en présente une certaine. Il se fonde surtout, pour soutenir sa thèse, sur le verre bien transparent et sur l'eau distillée. Mais la transparence est celle qu'on observe dans la lumière ordinaire du jour, et qui est sujette à erreur. Le verre présente le phénomène de la diffusion à tous les degrés d'intensité. On peut voir des exemples très-beaux de l'action dichroïque du verre chez Salviati, dans St-James Street. Les plats et les vases, qui sont exposés, offrent un magnifique bleu par réflexion et un jaune brunâtre par transmission. Ce changement de couleur est très-frappant, lorsque après avoir vu le bleu, on regarde un nuage blanc à travers ce verre. C'est dans les échantillons où l'opalescence est la plus forte que la lumière transmise, comme on pouvait s'y attendre, est le plus colorée. A partir de ces échantillons où l'ingrédient étranger est introduit intentionnellement, nous pouvons arriver par des gradations insensibles jusqu'au verre de M. Lallemand. La différence entre eux n'est qu'une question de degré. Bien des flacons de notre laboratoire offrent en substance les effets obtenus dans les verres de Salviati. Il nous semble difficile d'attribuer à une action moléculaire, qui est constante, un effet aussi variable que celui-là. C'est aussi un fait significatif que dans des milieux diaphanes, tels que le sel gemme, où la force cristallisa-

trice, qui est si puissamment purificatrice, est entrée en jeu, M. Lallemand lui-même a trouvé que la dispersion était *nulle*. Un examen approfondi ferait probablement reconnaître que le sel gemme lui-même n'est pas complétement dépourvu de pouvoir d'illumination. — J'ai eu entre les mains nombre de beaux échantillons de cette substance, sans toutefois réussir à trouver un fragment d'une grandeur quelconque qui en fût tout à fait privé. Le sel gemme transparent produit habituellement un trouble dans la lumière qui ressemble sur une petite échelle à un ciel pommelé. Les échantillons de spath d'Islande que j'ai aussi examinés, ne se sont pas trouvés non plus complétement dépourvus de ce pouvoir diffusif interne.

La manière dont la glace se comporte est instructive pour élucider cette question qui me paraît être d'une grande importance. En général, le faisceau lumineux concentré est aisément visible dans la glace, du moins dans cette saison où la substance offre des symptômes de rupture interne. Dans certains cas, le scintillement de paillettes qui correspondent évidemment à des points de rupture optique, décèle le passage de la lumière. Dans d'autres cas, le trajet du faisceau apparaît bleuâtre, bien que rarement d'un bleu uniforme. En faisant passer un rayon, qui a été préalablement tamisé, à travers de la glace de lac, dans diverses directions, on met en évidence des variations remarquables d'intensité de l'illumination, et on trouve des places où le passage du rayon devient complétement invisible. Le faisceau convergent est quelquefois coupé par un plan transversal, et l'une des moitiés du cône est visible et l'autre invisible. D'autrefois, le cône est coupé par un plan allant du sommet à la base, et l'une des

moitiés est semi-lumineuse par l'effet de la lumière diffusée, tandis que l'autre offre l'obscurité de la transparence parfaite. Si la diffusion était moléculaire, elle se produirait partout, et puisque cela n'a pas lieu, elle ne peut être moléculaire. La diffusion est peut-être due, dans la plupart des cas, aux particules ultra-microscopiques, si nombreuses dans l'eau, qui sont prises dans la glace lorsque le gel est rapide. Ce n'est que par un gel excessivement lent, qu'il serait possible d'écarter ces particules de la glace. Des ruptures purement optiques, si elles étaient assez ténues et nombreuses, pourraient aussi produire l'effet observé.

Les liquides que j'ai examinés en 1868, offraient tous, plus ou moins, ces effets de diffusion, et beaucoup d'entre eux, une forte fluorescence. La manière dont se comportaient les liquides non fluorescents où le passage de la lumière se colorait en bleu, ne différait nullement des nuages *actiniques* qui étaient, à ce moment, l'objet de mon étude. J'examinai des eaux de diverses provenances et les trouvai uniformément chargées, non-seulement de particules assez ténues pour diffuser la lumière bleue, mais aussi de particules beaucoup plus grossières. Soumise à l'épreuve du faisceau concentré, notre eau potable ordinaire offre une apparence qui n'est rien moins qu'agréable ; certaines des eaux que boivent les habitants de Londres sont excessivement troubles et épaisses. La distillation ne réussit pas à chasser entièrement la matière en suspension. M. Soret a vainement essayé de s'en débarrasser ; il en a diminué les effets, mais il ne les a pas annulés. Il y a quelques jours seulement que l'on m'a obligeamment procuré des échantillons d'eau distillée, fournis par quatre des principaux labora-

toires de Londres. Quand on les regarde à la lumière ordinaire du jour, ces liquides paraissent, suivant le terme consacré, *transparents comme du cristal;* mais lorsqu'on y fait passer le faisceau lumineux concentré, l'idée de pureté devient tout simplement ridicule. Personne, sans en avoir été témoin, ne s'attendrait au changement opéré par l'illumination concentrée. Il y avait des différences de pureté entre les échantillons, provenant sans doute des différences de procédé de distillation, mais pour un œil capable de distinguer à la lumière ordinaire ce que révélait le rayon lumineux, tous sembleraient de l'eau trouble. J'ai aussi examiné un échantillon d'eau extra-pure, obtenue par la distillation du permanganate de potasse et liquéfiée dans un condenseur en verre. Elle contenait, dans une proportion considérable, des particules en suspension, non de celles qui diffusent la lumière bleue, mais de plus grosses. Ce doit être toujours le cas pour de l'eau distillée dans l'air chargé de particules des villes et recueillie dans des vases salis par leur contact avec cet air. Ces faits justifient amplement les termes par lesquels M. Huxley a qualifié l'assertion qu'il était possible d'obtenir, par ces procédés, des solutions sans particules. Une semblable assertion ne pouvait se baser que sur des observations défectueuses. Dans le numéro du 17 mars, de ce journal (*Nature*), on a décrit une expérience où de l'eau est produite par la combustion de l'hydrogène, et la vapeur condensée sur une surface d'argent de pureté irréprochable. Dans ce cas, bien que les particules flottant dans l'air fussent totalement consumées d'abord, l'eau ne s'en trouvait pas moins passablement chargée de matières en suspension. M. Pouchet a invoqué cette méthode d'obtenir de l'eau, comme produisant la destruction complète

des germes, et j'avais pour objet, en répétant cette expérience, de montrer les dangers d'erreur des recherches que M. Pouchet et d'autres poursuivaient. Mais on ne tint pas compte de cet avertissement. Je ne le rappelle pas ici pour augmenter les difficultés d'une position suffisamment désastreuse, mais pour mettre sur ses gardes le néophyte aventureux qui serait disposé à se jeter dans des recherches où de grands expérimentateurs ont déployé toute leur habileté, et lui montrer les piéges qui l'attendent.

John TYNDALL.

Royal Institution, 18 octobre.

SUR LA

POLARISATION DE LA LUMIÈRE DE L'EAU

PAR

M. J.-L. SORET

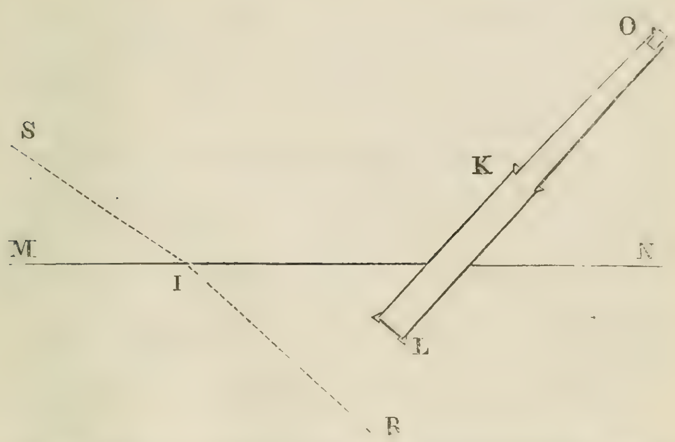
I. — La lumière que renvoient les couches intérieures d'une grande masse d'eau, telle qu'un lac profond, lorsqu'elle est éclairée par le soleil, présente des propriétés de polarisation tout à fait analogues à celles de la lumière du ciel. C'est là un fait que j'avais observé sur le lac de Genève et que j'ai signalé dans une précédente Note [1]. — Mon ami M. le prof. Hagenbach a constaté le même phénomène sur le lac de Lucerne [2]. — Depuis lors j'ai eu l'occasion de répéter mes observations sur d'autres lacs et sur la mer Méditerranée. Les résultats que je vais rapporter s'accordent complétement avec ceux que j'avais obtenus antérieurement.

Dans ces nouvelles recherches, je me suis servi de l'appareil très-simple que j'avais déjà employé. Il se compose d'une sorte de lunette OL, dont le tube en fer-blanc, noirci à l'intérieur, de $1^m,05$ de longueur, est formé de deux parties. L'une, LK, est cylindrique et d'un diamètre de $0^m,055$ environ ; l'autre, KO, est un peu conique, de moindre diamètre et plus courte que LK. Les deux pièces se raccordent en K par une vis et un cuir

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 19 août 1869, et *Archives*, mai 1869, tome XXXV, p. 54.

[2] *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 176.

rendant la fermeture hermétique. — Cette division du tube en deux pièces a pour but de rendre plus commode le transport de l'instrument : en effet, la pièce KO peut



s'ajuster en sens inverse en étant introduite dans l'intérieur de la partie OL, en sorte que la longueur de l'instrument démonté n'est plus que de $0^{m},55$. — Le tube de la lunette est fermé en L par une lame de verre à faces parallèles, monté sur un anneau en laiton qui se visse au bout du tube en fer-blanc. Un cuir rend la fermeture hermétique, de sorte que l'on peut plonger l'extrémité objective de la lunette dans l'eau sans que celle-ci pénètre à l'intérieur. — L'oculaire est formé d'un prisme de Nicol, ajusté à frottement doux en O. On peut, à volonté, y ajouter du côté intérieur une lame de quartz, lorsqu'on veut obtenir les couleurs de la lumière polarisée.

L'observateur, placé dans un bateau, plonge l'extrémité L de la lunette dans l'eau, et regarde au travers du Nicol; il reçoit la lumière de coloration bleue renvoyée

par les couches inférieures à la surface de l'eau. En tournant le Nicol, ou bien la lunette entière autour de son axe, il peut analyser la lumière et reconnaître si elle est polarisée.

Soit MN la surface de l'eau, et SI un rayon solaire qui se réfracte suivant IR; tous les autres rayons qui pénètrent dans l'eau seront parallèles à IR, si la surface MN est parfaitement unie.

En visant avec la lunette dans une direction perpendiculaire à IR, et en faisant tourner le prisme de Nicol, on reconnaît une polarisation bien marquée dont le plan passe par l'axe de lunette et est parallèle à IR. — La position la plus commode pour l'observation est celle où l'on place la lunette dans le plan d'incidence comme l'indique la figure. Le phénomène se manifeste aussi bien dans d'autres directions perpendiculaires à IR, seulement, l'observation devient de moins en moins facile à mesure que l'on s'écarte du plan d'incidence, parce qu'il faut donner à la lunette une direction se rapprochant de l'horizontale.

En écartant de plus en plus la lunette de la direction perpendiculaire aux rayons solaires réfractés, la polarisation diminue et finit par disparaître complétement. On ne trouve aucune trace de polarisation lorsque l'on vise dans la direction parallèle à IR.

Les conditions pour la manifestation la plus marquée du phénomène sont : 1° que le soleil luise avec éclat : par un temps couvert, il n'y a plus de polarisation ; 2° que la surface de l'eau soit calme : plus elle est agitée, moins la polarisation est marquée parce que les rayons réfractés ne sont pas parallèles ; 3° que l'eau soit profonde : si l'on voit le fond, la polarisation devient beaucoup moins sensible ; 4° que l'eau soit très-transparente : si elle tient en

suspension des particules un peu grosses ou trop nombreuses, la polarisation diminue ou cesse de se manifester.

Tels sont les faits que j'avais observés sur le lac de Genève, et qui établissent une analogie remarquable entre la lumière du ciel et celle de l'eau [1].

II. — J'ai répété ces observations sur le lac de Garde dont l'eau présente une coloration assez analogue à celle du lac de Genève. Quoique le temps ne fût pas parfaitement calme, le phénomène de la polarisation était assez marqué pour mettre son identité hors de doute.

Sur le lac d'Annecy dont l'eau est moins limpide que celle du lac de Genève, et par un temps qui n'était pas très-calme, la polarisation était également bien sensible.

Ces deux observations, jointes à celle de M. Hagenbach sur le lac de Lucerne, tendent à montrer que le phénomène est général pour les eaux douces.

Il en est de même pour l'eau de la Méditerranée.

Dans la rade de Gênes, à 100 mètres environ au delà de la jetée du port, l'eau est encore peu transparente et de couleur verte. En observant en cet endroit (19 avril 1870, entre 9 heures et 10 heures du matin) par un beau soleil et un temps très-calme [2], j'ai reconnu une polarisation bien marquée.

En s'avançant davantage en mer, l'eau devient plus

[1] Le phénomène est cependant un peu moins net avec la lumière de l'eau qu'avec celle du ciel ; j'ai déjà indiqué pourquoi il en est ainsi. (*Archives*, mai 1869, tome XXXV, p. 56.)

[2] Toute l'étendue de la surface de la mer n'était pas unie ; il y avait des places où elle était ridée ; naturellement j'ai fait les observations dans les parties calmes.

limpide tout en conservant sa couleur verte; le phénomène de polarisation devient plus prononcé. En dirigeant la lunette verticalement de haut en bas, la polarisation était encore sensible quoique fort affaiblie, puisque cette direction est très-inclinée sur celle des rayons solaires [1].

Le 21 avril 1870 (à 8 $^1/_2$ heures du matin, heure de Rome), à Oneglia, en avant du port où la mer atteint vite une grande profondeur, j'ai pu répéter les observations dans des conditions beaucoup meilleures encore. L'eau était très-calme; à peine était-elle agitée par un peu de houle formant des ondes très-surbaissées et éloignées les unes des autres, mais dont la surface était complétement unie et sans aucune ride. Sa couleur était du plus beau bleu, rappelant beaucoup celle du lac de Genève, mais avec plus de transparence et moins de cette apparence un peu laiteuse que présente le lac dans les endroits profonds. En observant à la lunette, l'intensité de la lumière reçue par l'œil était certainement plus forte que je ne l'ai jamais observée sur le lac. Cet éclat tenait sans doute en partie à la pureté du ciel et à l'énergie de la lumière du soleil; conditions qui, à Genève, se rencontrent rarement par un temps calme. — En même temps la polarisation se manifestait avec une netteté remarquable; en visant dans une direction verticale elle était encore très-franche.

Ainsi l'eau de la Méditerranée présente sous ce rapport les mêmes propriétés que les eaux douces, et je ne

[1] Dans des observations postérieures sur le lac de Genève, faites le matin avant que le soleil fût fort élevé au-dessus de l'horizon, j'ai trouvé aussi une polarisation sensible dans une direction verticale.

doute pas qu'il n'en soit de même pour toute masse d'eau limpide [1].

III.— A côté de ces observations faites sur place, j'ai examiné, dans la chambre obscure, à l'aide d'un faisceau de lumière, un assez grand nombre d'échantillons d'eaux de diverses provenances. Ils ont été recueillis pour la plupart dans une série de flacons neufs d'un litre de capacité, bouchés à l'émeri et lavés tous de la même manière, d'abord à l'acide nitrique puis à grande eau. — Pour y introduire le liquide à examiner lorsqu'il s'agissait d'une eau naturelle, on opérait de la manière suivante. Le flacon vide qui avait été maintenu bouché depuis le premier lavage, était plongé dans l'eau, débouché au-dessous de la surface ; lorsqu'il était rempli on rejetait cette première eau, on effectuait un nouveau lavage de la même manière, et on le remplissait définitivement, en ayant toujours soin de déboucher et de boucher sous l'eau pour éviter l'introduction des poussières qui flottent à la surface.

Après avoir rapporté ces flacons dans le laboratoire et les avoir laissé reposer quelque temps, on les plaçait dans la chambre obscure ; on faisait passer dans l'eau qu'ils contenaient un faisceau de lumière solaire ou oxyhydrique qui formait une trace lumineuse plus ou moins visible, provenant dans mon opinion de la réflexion sur les particules solides en suspension.

J'ai décrit dans un mémoire précédent [2] les résultats de

[1] Dans les lagunes de Venise, où l'eau est trouble, je n'ai pu distinguer aucune trace de polarisation.

[2] Sur l'illumination des corps transparents. (*Archives*, février 1870. tome XXXVII, p. 129.)

mes observations faites de la même manière sur différents échantillons d'eau dont la plupart avaient subi une purification artificielle. J'avais remarqué en particulier que la trace lumineuse est d'autant moins apparente que les corpuscules en suspension sont plus rares et plus difficilement visibles.

Quelques-uns des échantillons que j'avais précédemment observés ont été comparés avec les eaux naturelles recueillies plus tard, et je vais citer les résultats de ces observations, en faisant remarquer que tous ces liquides sont relativement assez troubles si on les examine peu de temps après qu'ils ont été recueillis ou qu'ils ont été agités de nouveau. Ils se clarifient par un repos plus ou moins prolongé.

L'eau du *lac de Garde* et celle du lac d'*Annecy* se clarifient notablement par le repos; elles présentent alors un grand rapport avec celle du lac de Genève, soit pour la visibilité de la trace lumineuse, soit pour l'apparence des particules visibles en suspension. La couleur de la trace est bleue quand on emploie un faisceau de lumière solaire concentré par une lentille à long foyer.

L'eau du *lac Michigan*, que je dois à l'obligeance de MM. J. Odier et Delafontaine, après un repos prolongé, m'a paru un peu moins claire que l'eau du lac de Genève : la comparaison est un peu difficile, parce que le flacon dans lequel l'eau du lac Michigan m'a été rapportée est d'un verre assez différent de celui des autres flacons. — On distingue de nombreuses particules en suspension.

De l'eau recueillie dans une crevasse (puits) du glacier d'Aletsch [1] donne lieu, même, après un repos prolongé, à une

[1] J'avais espéré pouvoir recueillir de l'eau du Märjelen See et d'en étudier la polarisation sur place ; mais ce lac s'était vidé cette année et n'était plus représenté que par une flaque d'eau bourbeuse.

trace plus blanche et beaucoup plus visible que celle des échantillons ci-dessus. Les particules en suspension sont très-nombreuses. Cette eau présente assez de rapport avec de l'eau que j'avais obtenue par la fusion de neige (décrite dans mon précédent Mém., p. 119), et qu'un repos de plus de dix mois ne paraît pas avoir améliorée.

L'*eau de la Méditerranée* recueillie à Oneglia, et qui immédiatement après le voyage contenait assez de particules en suspension, s'est beaucoup clarifiée par le repos. Au bout de quelques semaines de tranquillité, elle donnait une trace lumineuse difficilement visible si le faisceau lumineux n'était pas intense, et d'une belle couleur bleue quand les rayons solaires étaient concentrés avec une lentille. Cette eau était sensiblement supérieure en pureté à l'eau du lac de Genève reposée, elle contenait des particules en moins grand nombre, mais plus grosses, un peu filamenteuses, probablement d'origine organique. Au commencement de septembre dernier, c'est-à-dire plus de quatre mois après qu'elle avait été recueillie, elle avait encore sensiblement la même supériorié. Mais quelques semaines plus tard, elle avait un peu perdu de sa pureté. Ce changement vient probablement d'une modification de substances organiques contenues ou dissoutes dans l'eau de mer [1].

[1] M. Tyndall a aussi examiné et comparé, à l'aide de la lumière électrique, l'eau de la Méditerranée avec celle du lac de Genève (voyez plus haut la traduction de son mémoire, p. 343). Il paraît trouver que cette dernière est plus pure et donne une trace lumineuse d'un plus beau bleu. Je ne suis pas arrivé tout à fait aux mêmes résultats, mais je pense que ces petites différences n'ont pas une grande importance et qu'elles peuvent facilement s'expliquer par le fait, soit de modifications que l'eau subit avec le temps, soit de différences suivant le jour et l'endroit où elle a été prise, etc. Ainsi l'eau du lac de Genève qu'a examinée M. Tyndall, et que j'avais recueillie pour lui, a été prise dans le lac un jour où il présentait une transparence très-exceptionnelle, à la suite d'une période de calme. Il est donc possible qu'elle eût un degré de pureté plus grand que celle qui m'a servi de terme

L'eau de la *Mer Rouge,* dont je dois un échantillon à l'obligeance de M. Raoul Pictet, était très-trouble au moment de son arrivée. Elle s'est, à la longue, beaucoup clarifiée par le le repos ; il s'est formé au fond du flacon un dépôt d'une couleur brunâtre. Finalement elle est arrivée à un degré de pureté assez voisin de celui de l'eau des lacs [1].

L'eau recueillie dans les *Lagunes de Venise* (près de Porto di Lido, dans un endroit où elle est relativement plus claire que dans le reste des lagunes), était complétement trouble après le voyage. Le repos l'a améliorée, il s'est fait un léger dépôt sur le fond et sur les parois du flacon, ce qui gêne un peu la comparaison avec d'autres échantillons. On reconnaît cependant facilement que la trace lumineuse est beaucoup plus visible que dans les cas précédents ; quand elle est produite par un faisceau de lumière solaire concentrée, sa teinte est verdâtre et tout autre que celle des eaux plus pures.

J'ai fait (le 1er septembre 1870) un examen comparatif de ces diverses eaux et de quelques-unes de celles que j'ai précédemment décrites dans mon Mémoire déjà cité, et qui n'avaient pas été agitées depuis plusieurs mois. Je suis arrivé à les ranger dans l'ordre suivant, en commençant par celle qui donne la trace lumineuse la moins visible.

de comparaison. D'autre part, l'eau de la Méditerranée que j'ai examinée a été recueillie dans des conditions remarquablement favorables.

[1] Le fait de la pureté de l'eau de la Méditerranée et de la clarification prononcée que le repos a produit dans l'eau de la Mer Rouge peut être rapproché d'une observation de M. Schlösing, qui a reconnu que la présence de sels en dissolution facilite la précipitation de l'argile. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 20 juin 1870.)

1. Eau distillée par évaporation superficielle [1] entre 40 et 50°.
2. id. id. id. [2] 100° } presque
3. id. id. id. [3] id. } égales.
4. Eau de la mer Méditerranée.
5. Eau du lac de Genève, }
6. Eau du lac de Garde, } presque égales.
7. Eau du lac d'Annecy, }
8. Eau de la Mer Rouge, }
9. Eau du lac Michigan.
10. Eau distillée par ébullition dans un alambic ordinaire (après un repos de plusieurs mois).
11. Eau des lagunes de Venise (Porto di Lido).
12. Eau de neige [4], } presque égales.
13. Eau du glacier d'Aletsch, }
14. Eau qui a été maintenue longtemps à 100° dans un vase de verre [5].

Pour tous ces liquides, la lumière émise par la trace présente les phénomènes de polarisation connus.

Deux mois plus tard un nouvel examen portant sur les échantillons n°s 4 à 8, a conduit à les ranger dans le même ordre, la superiorité de l'eau de la Méditerranée étant toutefois un peu moins marquée.

On a ensuite agité les flacons et on les a observés de nouveau presque immédiatement après; on a trouvé l'ordre suivant :

Eau de la Méditerranée, }
Eau du lac de Genève, } peu différentes.
Eau du lac de Garde, }
Eau du lac d'Annecy.
Eau de la Mer Rouge.

[1] Décrite dans mon mémoire, loc. cit. p. 147, sous la lettre *d*.
[2] id. id. id. p. 147, sous la lettre *b*.
[3] id. id. id. p. 147, sous la lettre *c*.
[4] id. id. id. p. 149.
[5] id. id. id. p. 151.

Une nouvelle comparaison faite trois heures après a donné :

Eau de la Méditerranée.
Eau du lac de Garde,
Eau du lac de Genève,
Eau de la Mer Rouge,
Eau du lac d'Annecy,
} peu différentes.

Après dix-huit heures de repos on a trouvé :

Eau de la Méditerranée.
Eau de la Mer Rouge (plus rapprochée de la Méditerranée que des suivantes).
Eau du lac de Garde,
Eau du lac de Genève,
Eau du lac d'Annecy,
} presque égales, notablement inférieures aux précédentes.

L'eau de la Méditerranée a donc conservé dans tous les cas sa supériorité. On remarquera aussi que les eaux douces se clarifient moins rapidement par le repos que les eaux de mer ; ces dernières contiennent des flocons ou pellicules, sans doute organiques, qui se déposent facilement.

IV. — En faisant passer dans de l'eau douce douée d'un grand pouvoir d'illumination, un faisceau de lumière solaire décomposé par un prisme, la trace lumineuse présente alors toutes les nuances du spectre juxtaposées. J'ai reconnu précédemment [1] que, dans ce cas, la lumière émise latéralement est encore polarisée, quelle que soit sa réfrangibilité [2].

[1] Mémoire cité, p. 152.

[2] J'ajoutai que si dans ces conditions on regarde la trace, le rayon visuel étant dirigé parallèlement aux arêtes du prisme, on distingue toutes les couleurs du spectre ; mais que si le rayon visuel est dirigé perpendiculairement aux arêtes du prisme, alors les différentes cou-

Je me suis demandé si de même dans la lumière renvoyée par les couches intérieures d'une grande masse d'eau, toutes les espèces de rayons sont polarisés.

Pour résoudre cette question, je me suis servi de la même lunette en la modifiant de la manière suivante : On a enlevé la moitié conique du tube de fer-blanc et on l'a remplacée par un tube cylindrique en laiton beaucoup plus court, s'ajustant au reste de la lunette et portant le prisme de Nicol à son extrémité tournée du côté objectif. Dans l'autre extrémité de ce tube en laiton, qui est garnie de drap à l'intérieur, s'engage à frottement doux, un spectroscope à vision directe d'Hofmann, dans lequel la fente ordinaire à largeur variable, est remplacée par une fente fixe placée à l'intérieur du collimateur.

leurs se superposent et la trace paraît blanche, ce qui donne une démonstration nouvelle de la recomposition de la lumière blanche.

Cette démonstration peut être réalisée sous la forme d'une brillante expérience facile à répéter dans un cours.

Dans la salle obscure on introduit par une petite ouverture *circulaire* un faisceau horizontal de lumière solaire, électrique ou oxy-hydrique. Sur un écran on projette un spectre à l'aide d'une lentille et du système de prismes d'un spectroscope à vision directe, qui produit la dispersion sans déviation des rayons moyens. Ce système de prisme doit être mobile autour de son axe. Si les arêtes des prismes sont verticales, le spectre projeté est horizontal ; en tournant les prismes de 90 degrés, le spectre tourne aussi et devient vertical. Supposons l'appareil dans cette dernière position, et sur le passage des rayons, entre le prisme et l'écran, plaçons une cuve rectangulaire dont les parois sont formées de glaces (par exemple un aquarium de chambre). Remplissons-la d'eau que l'on a rendue légèrement louche par l'addition de quelques gouttes d'acétate de plomb, ou d'eau de Cologne, etc. Alors la trace du faisceau devient très-visible, et l'observateur, regardant latéralement la cuve, voit ces rayons divergents et présentant toutes les couleurs du spectre juxtaposées. En faisant tourner le système de prismes de 90 degrés, la trace se rétrécit et paraît blanche ; en même temps sur l'écran on continue à voir toutes les couleurs du spectre qui est projeté horizontalement.

En regardant à travers l'appareil ainsi modifié, on voit le spectre de la lumière de l'eau. Il est suffisamment visible si la fente n'est pas trop étroite ($0^{mm},2$); on y distingue les raies principales du spectre solaire, et l'on observe que les rayons rouges sont en petite proportion.

En maintenant le spectroscope immobile, et en faisant tourner la partie objective de la lunette, y compris le Nicol, autour de l'axe de l'instrument, les rayons polarisés provenant de l'eau seront alternativement éteints ou transmis. — En opérant ainsi sur le lac de Genève, j'ai observé que toutes les parties du spectre subissent une extinction partielle, c'est-à-dire que tous les rayons, quelle que soit leur réfrangibilité, sont partiellement polarisés. Cette observation est assez délicate; il faut opérer par un temps très-beau et très-calme pour que la polarisation soit bien franche et le bateau parfaitement immobile.

On peut se servir du même appareil pour répéter l'observation sur la lumière polarisée du ciel; on arrive au même résultat sans aucune difficulté.

V. — Comme M. Tyndall, j'ai attribué ce phénomène de polarisation de la lumière de l'eau, à la présence de particules en suspension dans le liquide. M. Hagenbach, dans l'intéressant travail que j'ai déjà cité [1], sans précisément contester cette manière de voir, a indiqué une autre cause à laquelle il pourrait être rapporté, à savoir la réflexion par l'eau elle-même. « Il est évident, dit-il, que l'eau d'un lac, surtout lorsque le soleil darde ses rayons sur elle, ne peut point présenter une masse homogène, mais qu'elle se compose, par suite des variations de température auxquelles elle est soumise, de cou-

[1] Voyez *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 176.

ches de densités différentes. Par ce fait il doit se produire des réflexions intérieures, et la lumière réfléchie sera polarisée dans le plan de réflexion.»

Comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire [1], l'influence que peut exercer la réflexion sur les couches d'inégale densité, mérite certainement d'être examinée; mais je ne pense pas que ce soit là la cause principale du phénomène qui nous occupe.

On peut comprendre de deux manières le rôle que jouerait la réflexion par l'eau.

En premier lieu, on peut admettre que l'eau d'un lac se trouve composée de couches horizontales d'inégale densité. Par un temps absolument calme, les surfaces de séparation de ces diverses couches seraient rigoureusement planes et, dans ce cas, la réflexion sur ces surfaces ne pourrait produire la polarisation dans un plan passant par le soleil, sauf dans la position où la lunette se trouve dans le plan d'incidence des rayons. Mais comme il y a toujours un peu de mouvement à la surface supérieure. et que les ondulations, on le sait, se transmettent dans les couches profondes, on peut admettre que les couches de séparation de couches d'inégale densité ne sont pas planes, mais bien ondulées comme la surface supérieure. — C'est là, si je ne me trompe, ce que suppose M. Hagenbach, car il donne comme preuve à l'appui de sa manière de voir, le fait que le faisceau de lumière venant de l'intérieur se comporte exactement de même que le faisceau réfléchi par la surface supérieure de l'eau en ce qui concerne soit la direction du plan de polarisation, soit la variation du degré de polarisation avec la direction.

[1] Voyez *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 180.

J'ai trouvé ce fait exact dans la plupart des cas; cependant, il y a souvent des exceptions : par exemple, quand on vise avec la lunette dans une direction parallèle aux rayons solaires, il y a polarisation dans un plan vertical pour la lumière réfléchie par la surface supérieure, tandis que le faisceau provenant de l'intérieur n'est pas polarisé. Mais il serait inutile d'insister sur ces exceptions : elles ne nous fourniraient aucun argument de quelque valeur; le phénomène de la polarisation par réflexion sur la surface supérieure est, du reste, très-compliqué et variable suivant les circonstances atmosphériques.

Je me bornerai à faire les objections suivantes à l'hypothèse dont nous nous occupons : 1° Si la lumière renvoyée par l'eau intérieure provenait de réflexion sur des couches d'inégale densité, horizontales, mais ondulées, ne devrait-on pas avoir beaucoup plus de lumière dans le plan vertical passant par le soleil, de même qu'à la surface supérieure de l'eau on observe une traînée lumineuse dans la direction du soleil. — Or je n'ai jamais observé quelque chose de semblable. 2° Par un temps très-calme, le phénomène de la polarisation ne devrait-il pas être beaucoup moins marqué, sauf dans le plan d'incidence? — Il m'a toujours semblé au contraire que plus le calme est complet, plus la polarisation est prononcée. — 3° Enfin, je rappelle ici une expérience que j'ai déjà citée précédemment [1]. Dans un long tube de verre, terminé par des glaces parallèles, rempli d'eau et exposé horizontalement à la lumière solaire, son axe étant perpendiculaire aux rayons, on reconnaît, en regardant par une des extrémités, que la lumière renvoyée à angle droit de la direction des rayons solaires est polarisée dans un plan parallèle à ces rayons. — Des

[1] Voyez *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 180.

couches horizontales d'inégales densités ne peuvent expliquer la polarisation dans ce cas-là.

Mais en second lieu on pourrait concevoir autrement la disposition des couches d'inégales densités, et supposer qu'elles sont tout à fait irrégulières, comme ce qui a lieu lorsqu'on chauffe de l'eau ou qu'on mélange deux liquides de pesanteur spécifique différente. Ainsi dans l'expérience que je viens de citer en dernier lieu, ce serait l'échauffement produit par la radiation solaire qui déterminerait des différences de densité à tous les points, et par conséquent une réflexion de la lumière dans toutes les directions.

Je ne pense pas non plus qu'il en soit ainsi, ou au moins que cette non-homogénéité puisse être la cause prépondérante de l'illumination du liquide.

En effet, en essayant de rendre l'eau encore moins homogène, soit en la chauffant, soit en y faisant dissoudre un sel par la superficie, je n'ai pas vu l'illumination se modifier sensiblement, tout au moins pas plus que par une simple agitation qui met en mouvement les particules les plus grossières, on introduit de petites bulles d'air dans le liquide.

D'autre part, si la chaleur des rayons solaires déterminait des différences de densités suffisantes pour expliquer le phénomène, en faisant passer un faisceau lumineux dans un tube un peu long et suivant son axe, l'illumination devrait être beaucoup plus prononcée près de l'extrémité par laquelle entre le faisceau que près de l'extrémité opposée, puisque la chaleur serait absorbée par les premières couches d'eau qu'elle traverse. Or ce n'est pas là le résultat que donne l'expérience.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

F. Rossetti. Sur le maximum de densité et le point de congélation des mélanges d'alcool et d'eau. (*Poggend. Ann.*, tome CXL, p. 329; traduction [1].)

Le procédé employé dans ces expériences a été décrit en détail par l'auteur dans deux mémoires antérieurs [2]. Il s'est servi de dilatomètres dont le coefficient de dilatation avait été déterminé avec soin et qui avaient été contrôlés avec de l'eau distillée dans une série d'expériences préliminaires.

Pour mesurer exactement le maximum de densité de chaque mélange, l'on exécutait une série d'expériences dans le voisinage de ce maximum, on construisait une courbe d'après les différents résultats obtenus, et de cette courbe l'on déduisait facilement la température cherchée.

L'on apportait également la plus grande précaution à la détermination du point de congélation. Comme l'auteur le fait observer, il importe que le liquide, soumis à ce genre d'expériences, soit constamment agité, parce que (de même que l'eau) il peut avec un repos parfait être amené à une température notablement inférieure au point de congélation sans que celle-ci se produise.

C'est probablement ce qui est arrivé à M. Recknagel (Carl's Repertorium der Physik), qui donne comme point de congélation d'un mélange de 20 parties d'alcool avec 80 par-

[1] Nous reproduisons ici le résumé du travail de M. Rossetti tel qu'il a été inséré dans les *Annales de Poggendorff*.

[2] Mém. I, sul massimo di densità dell' acqua distillata (*Atti dell' Istituto Veneto*, vol. XII, 1866) et Mem. II, sul massimo di densità e sul punto di congelamento di alcune soluzioni saline. (Ibid. vol. XIII, 1868. Aussi *Annales de chimie et de phys.*, vol. X, 1867, et vol. XV, 1869.)

ties d'eau —19° C., tandis que l'auteur de ce travail l'a trouvé égal —12° C. pour un mélange dans des proportions presque identiques.

Le tableau suivant contient les résultats obtenus :

Poids de l'alcool contenu dans 100 parties du mélange.	Température du maximum de densité.	Point de congélation.
$0^{gr},0$	4°,12 C.	0° C.
5,85	3,17	— 2,63
7,80	1,82	— 3,54
9,75	—0,19	— 4,45
14,62	—8,48	— 7,47
19,50	—	—12,10

De là on peut déduire les conclusions suivantes :

1° Pour les mélanges contenant moins que 10 °/₀ d'alcool, l'abaissement du point de congélation au-dessous de zéro est proportionnel à la quantité d'alcool. Cet abaissement est de 0°,45 C. pour chaque gramme d'alcool contenu dans 100 grammes du mélange.

2° Dans les mélanges qui contiennent plus que 10 °/₀ d'alcool, l'abaissement du point de congélation varie dans de plus fortes proportions que la quantité d'alcool.

3° La température du maximum de densité diffère très-peu de celle du maximum de densité de l'eau pour les mélanges qui contiennent moins de 2 °/₀ d'alcool.

4° Pour des mélanges avec plus de 2 °/₀ d'alcool, le rapport entre l'abaissement du maximum au-dessous de 4° C. et la quantité d'alcool n'est pas constant, mais va toujours en croissant.

L'auteur a constaté le même fait avec des dissolutions salines, mais dans les mélanges alcooliques la température des maxima s'abaisse beaucoup plus rapidement.

5° La courbe des maxima est une parabole dont voici l'équation :

$$y = -0{,}295\,x + 0{,}076\,x^2.$$

L'ordonnée y donne l'abaissement de la température du

maximum au-dessous de +4° C. pour le mélange contenant x parties d'alcool.

6° Pour le mélange renfermant 14,4 % d'alcool, le point de congélation et la température du maximum de densité se confondent à —7°,35 C.

J. Müller. L'élément de peroxyde de manganèse de Leclanché. (*Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 308.) — W. Sinsteden. Perfectionnement apporté a la disposition de l'élément Leclanché. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXVII, p. 296.)

Le couple Leclanché consiste, on le sait, en un vase poreux entièrement rempli par le bâton de charbon de cornue servant d'électrode et un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon réduits en petits morceaux, puis humectés avec une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque dans l'eau. Ce diaphragme est introduit dans un pot ou dans un grand verre contenant une dissolution concentrée de chlorhydrate d'ammoniaque dans laquelle plonge un barreau de zinc amalgamé [1].

[1] C'est là, on le voit, un élément presque identique à celui que M. de la Rive a décrit dès 1843. C'est le savant genevois qui est le véritable inventeur des piles à peroxyde de plomb ou à peroxyde de manganèse, lesquelles ont pu être diversement modifiées, mais qui toutes reposent sur le même principe et ne constituent point des inventions nouvelles. Voici ce que M. de la Rive dit à ce sujet dans le mémoire auquel nous faisons allusion. « J'ai essayé de substituer à l'acide nitrique un peroxyde en poudre. J'y voyais deux avantages, le premier de diminuer, comme avec l'acide nitrique, la résistance ; le second d'obtenir un courant par la réduction du peroxyde, courant dont la direction, semblable à celle du courant provenant de l'oxydation du zinc, augmenterait considérablement la puissance électrochimique du couple. Il y avait en outre un avantage pratique dans la substitution d'un peroxyde à l'acide nitrique, c'était de n'avoir qu'un seul liquide pour charger le couple. » Suit la description d'un élément à peroxyde de plomb, dont la disposition est presque identiquement la même que celle de l'élément Leclanché. (Voyez *Archives de l'Électricité*, t. III, p. 165 ; et de la Rive, *Traité d'Électricité*, t. II, p. 619.)

Cette pile, dont l'usage commence à être assez répandu dans la science et dans l'industrie, joint à une grande propreté et à un maniement très-facile, une fort grande constance qui en constitue l'avantage essentiel.

M. Müller s'est proposé de mesurer les constantes de l'élément Leclanché, et il a trouvé pour sa force électromotrice :

$$e = 10,76$$

et pour la résistance qu'il oppose au passage du courant :

$$r = 1,89$$

cela en prenant pour unités le courant qui, en une minute, fournit 1 centimètre cube de gaz détonant, et la résistance d'une colonne de mercure de 1 mètre de long, et de 1 millimètre carré de section (unité de Siemens). La force électromotrice d'un élément de Bunsen est égale avec ces données à 21, celle d'un élément de Daniell à 12. Leclanché[1] avait estimé que la force électromotrice de sa pile était 1,38 de celle de la pile de Daniell, tandis qu'elle en serait seulement, suivant M. Müller, les 0,896. Cette différence provient de la polarisation, laquelle augmente avec l'intensité du courant, et qui a dû être plus faible, paraît-il, dans les expériences de Leclanché que dans celles de M. Müller.

Le couple ainsi construit présente certains inconvénients : les surfaces de zinc et de charbon qui se trouvent en présence, sont trop peu étendues et trop éloignées ; de plus, la soudure qui relie l'électrode au charbon s'altère promptement au contact de la dissolution. M. Sinsteden propose de construire cette pile comme suit : la paroi intérieure d'un pot de grès est garnie avec des prismes de charbon de cornue, serrés par des coins également en charbon, le tout formant une sorte de voussure. Un fil d'argent solidement introduit dans chacun de ces prismes le relie à un gros fil de cuivre fixé sur le bord extérieur du pot, et formant électrode négative. Le vase poreux renfermant la

[1] *Dingler's polytechn. Journal*, t. 188, p. 97.

dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque et un cylindre de zinc amalgamé est introduit dans le pot que l'on achève de remplir avec un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon concassés et imbibés d'une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque dans l'eau. Le pot peut être fermé par un couvercle également en grès, ne laissant passer que les électrodes. L'on a, de la sorte, un appareil parfaitement propre. M. Sinsteden affirme qu'après un emploi de quinze mois, deux appareils de ce genre, utilisés par lui pour divers usages étaient encore aussi propres et aussi actifs que le premier jour. E. S.

W. de Bezold. Untersuchungen ueber elektrische Staubfiguren. Recherches sur les figures électriques produites a l'aide de poussières fines. (*Sitzungsberichte d. k. bayrischen Akad. d. Wiss.*, 1869, tome II, p. 145 et 371 ; *Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 145.)

L'emploi de poussières fines sert dans l'expérience dite des *figures de Lichtenberg*, à constater le mode de répartition d'une certaine quantité d'électricité positive ou négative que l'on a fait passer d'un conducteur métallique, de l'un des pôles d'une bouteille de Leyde, par exemple, sur une surface isolante telle qu'un gâteau de résine. M. Kundt a appliqué ce même procédé au cas où la décharge s'accomplit entre deux conducteurs métalliques, et nous avons vu [1] qu'après avoir fait passer l'étincelle entre une plaque métallique saupoudrée d'une poussière fine non conductrice et une pointe disposée immédiatement au-dessus, il obtenait, sur la première, une figure circulaire de poudre demeurée adhérente à la surface métallique sous l'action de l'électricité qu'elle avait retenue.

M. de Bezold a réussi à produire des figures électriques dans un troisième cas, celui où l'on fait jaillir une étincelle

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXV, p. 212.

par influence entre deux surfaces isolantes, telles que deux plaques de verre parallèles, munie, chacune sur sa face extérieure d'une armature reliée à l'un des pôles d'une bobine de Ruhmkorff. L'on saupoudre ces plaques avec un mélange de minium et de soufre avant ou après le passage de la décharge.

Suivant l'intensité du courant et le nombre des étincelles, la forme de ces figures électriques varie notablement :

1° Dans le cas d'une étincelle unique, ou d'un petit nombre de faibles étincelles, la figure positive consiste uniquement en de petites étoiles de soufre, la figure négative en des taches circulaires de minium, dont le diamètre augmente proportionnellement à la distance des deux plaques, ne dépendant nullement de leur épaisseur.

2° Lorsque le courant d'induction a une intensité plus grande, la figure positive se compose de taches circulaires rouges entourées de gloires jaunes, tandis que la négative présente différents groupes d'étoiles de soufre semées sur des champs de minium de formes et de dimensions irrégulières.

3° Lorsqu'on fait jaillir entre les deux plaques de très-fortes étincelles, ou un très-grand nombre de petites se suivant rapidement, les figures électriques se modifient encore plus complétement. Les transformations consistent néanmoins toujours essentiellement en ceci, c'est qu'au lieu d'une figure positive simple l'on a une gloire jaune avec une tache rouge négative en son milieu, et au lieu d'une figure négative simple, des champs rouges négatifs semés d'étoiles positives. C'est là un indice évident d'une décharge complexe et alternante. La figure positive est accompagnée sur la même plaque d'une négative placée dans l'intérieur de la première, et la négative sur l'autre plaque enferme également dans son intérieur des petites figures positives.

Les figures de Lichtenberg, que M. de Bezold a soumises aussi à une étude approfondie, sont susceptibles de passer par des transformations tout à fait analogues, lorsqu'on fait

varier l'intensité de la décharge, la longueur du jet ou celle d'une colonne d'air quelconque interposée dans le circuit, et en général lorsqu'on modifie la nature du jet.

L'auteur considère les figures électriques comme un critère indiquant, avec une délicatesse et une précision parfaites, la forme sous laquelle s'accomplit une décharge. En tous cas, il ressort d'une manière générale, de son travail, que des *décharges simples donnent toujours des figures simples, tandis que des figures composées indiquent des décharges alternantes.* E. S.

CHIMIE.

Julius THOMSEN. SUR LE CHLORURE DOUBLE DE PLATINE ET DE GLUCINIUM. (*Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 827.)— C. MARIGNAC. NOTE SUR LE MÊME SUJET.

Les recherches de M. Topsoë [1] ayant fait connaître l'existence d'une série de chlorures doubles de platine et des métaux de la série magnésienne, de forme hexagonale et renfermant six ou douze molécules d'eau, M. Thomsen a cherché à obtenir une combinaison analogue avec le chlorure de glucinium, ce qui aurait établi la place de ce métal dans la série magnésienne.

Un pareil chlorure double existe en effet ; il est très-soluble, déliquescent dans un air humide et cristallise facilement dans une dissolution très-concentrée. Il forme une poudre cristalline de couleur orangée, ou, lorsque la cristallisation est plus lente, des prismes courts à section carrée ou hexagonale avec des angles de 90° et 135° ; plus rarement on voit se former sous le microscope des octaèdres qui paraissent appartenir au système carré.

La composition de ces cristaux est exprimée par la formule:

$$PtCl^4 + Gl\,Cl^2 + 9\,H^2O.$$

[1] Voyez *Archives*, mai 1869, tome XXXV, p. 58.

Ils perdent cinq équivalents d'eau à 120°, le reste n'est chassé qu'au delà de 200°.

La forme et la composition de ce sel paraissent donc écarter le glucinium de la série magnésienne pour le rapprocher du calcium ; ce dernier forme, en effet, avec le chlorure de platine un chlorure double renfermant, d'après M. Topsoë, neuf molécules d'eau, mais dont la forme n'a pu être déterminée.

En raison de l'incertitude qui règne toujours sur la constitution des composés du glucinium et sur la place de ce métal dans la classification, j'ai souvent cherché à obtenir des combinaisons définies et cristallisées de ce corps. Je n'ai pas encore publié les résultats de ces recherches, espérant toujours arriver plus tard à découvrir quelque fait propre à décider la question.

Mais je profiterai de l'occasion actuelle pour ajouter quelques observations à celles de M. Thomsen sur ce chlorure double que j'avais aussi préparé.

Mes observations confirment entièrement celles du savant danois, en ce qui concerne la forme cristalline de ce composé, et me permettent même de la préciser un peu plus. Je l'ai obtenu sous la forme de gros prismes rectangulaires, tronqués sur les angles par de petites faces triangulaires appartenant à un octaèdre à base carrée, dont les angles sont d'environ 115° sur les arêtes culminantes et 99° sur les arêtes des bases.

Les cristaux étant un peu déliquescents, la mesure des angles ne serait pas assez précise pour ne laisser aucun doute sur le système de cristallisation. Mais ces doutes sont levés par l'examen optique qui fait reconnaître l'existence d'un axe unique de double réfraction.

Je ne suis pas tout à fait aussi d'accord avec M. Thomsen relativement à la composition de ce sel, dans lequel je ne trouve que huit équivalents d'eau. J'avais fait une première

analyse de ce sel à l'époque où je l'avais préparé, je viens de la répéter sur les cristaux très-purs que j'avais conservés.

Dans ces analyses j'ai déterminé la perte d'eau à 100 degrés, le platine en le précipitant par l'hydrogène sulfuré et le glucinium à l'état de glucine par l'ammoniaque. En calculant d'après ces poids ceux du chlorure de platine et du chlorure de glucinium et les retranchant du poids de la matière on a, par différence, la proportion d'eau totale.

J'ai obtenu :

	I	II
Matière analysée........	2gr,600	2gr,170
Eau chassée à 100°	0,326=12,54 °/₀	0,279=12,85 °/₀
Platine................	0,919=35,35	0,758=34,93
Glucine................	0,116	0,096
Eau totale par différence.	0,651	0,561

		Calculé.	I	II
Pt.....	197	34,97	35,35	34,93
Gl.....	9,3	1,65	1,64	1,62
Cl^6....	213	37,81	»	»
8 Aq...	144	25,57	25,04	25,85
	563,3	100		

La moitié de l'eau est chassée à 100 degrés.

La détermination de l'eau exige quelques précautions pour un sel, tel que celui dont il s'agit ici, qui est un peu déliquescent, perd facilement son eau par la chaleur, et dont les cristaux, formés rapidement dans une eau-mère sirupeuse, en demeurent intérieurement pénétrés.

Le procédé qui me paraît le plus convenable dans ces circonstances est le suivant. Après avoir essuyé les cristaux, je les broie dans un mortier que j'expose au-dessus d'un poële à une très-douce chaleur, dépassant à peine celle à laquelle le sel cesse d'être déliquescent, et je continue à écraser jusqu'au moment où sa poudre cesse de s'agglomérer.

C. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1870.

Le 1, la bise se lève avec force vers midi, et souffle avec violence jusqu'au matin du 3; dans la journée du 3, du 4 et du 5, elle continue à souffler, mais plus modérément.

9, brouillard presque tout le jour.

11, il a neigé pendant la nuit jusqu'au pied des montagnes des environs.

12, il a neigé dans la plaine pendant la nuit: la neige a fondu avant 10 heures du matin.

17, brouillard tout le jour.

18, id. dans la matinée, puis pluie.

19, id. tout le jour, pluie le soir.

20, id. id. id.

21, pluie tout le jour.

24, brouillard le soir.

25, id. la plus grande partie de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1	à 10 h. soir	727,51
4	à 10 h. soir	733,79
12	à 6 h. soir	719,62
14	à 8 h. soir	720,12
18	à 10 h. matin	722,95
19	à 10 h. matin	721,55
21	à 10 h. matin	724,07
22	à 10 h. soir	724,56
24	à 10 h. matin	726,46
28	à 10 h. matin	732,40

MINIMUM.

		mm
Le 2	à 4 h. après m.	725,09
10	à 11 h. soir	708,75
13	à 2 $^{1}/_{2}$ h. après m.	716,66
16	à 6 h. matin	715,41
18	à 8 h. soir	718,86
20	à 6 h. matin	719,25
21	à 6 h. soir	721,49
23	à 2 h. après m.	721,38
25	à 6 h. matin	722,51

GENÈVE. — NOVEMBRE 1870.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	725,29	— 1,06	+ 7,14	+0,08	+ 5,4	+12,6	5,65	—0,78	760	— 83	480	1000	1,2	2	N. 3	0,91	8,1	— 3,8	158
2	725,88	— 0,48	+ 5,80	—1,08	+ 5,4	+ 7,0	4,46	—1,89	663	—180	550	840	...	...	NNE. 3	0,54	8,2	— 3,6	180
3	728,49	+ 2,12	+ 5,15	—1,56	+ 4,4	+ 6,0	4,88	—1,39	752	— 91	700	910	...	...	N. 2	0,98	8,7	— 3,0	170
4	732,75	+ 6,37	+ 5,16	—1,38	+ 3,8	+ 8,1	4,85	—1,34	744	—100	680	810	...	...	N. 1	0,91	9,1	— 2,4	165
5	733,05	+ 6,66	+ 3,67	—2,70	+ 3,0	+ 5,1	4,62	—1,49	790	— 54	710	820	...	...	NNE. 2	1,00	9,0	— 2,4	168
6	729,61	+ 3,21	+ 3,20	—3,00	+ 1,2	+ 5,5	4,44	—1,60	782	— 62	700	920	...	...	N. 1	0,70	—	—	167
7	727,76	+ 1,35	+ 2,24	—3,79	+ 1,2	+ 2,9	4,64	—1,33	873	+ 29	830	900	...	...	variable	1,00	9,4	— 1,7	165
8	727,30	+ 0,87	+ 3,20	—2,66	+ 2,2	+ 4,0	4,90	—1,00	864	+ 20	800	950	...	...	variable	1,00	9,3	— 1,7	164
9	724,97	— 1,48	+ 2,96	—2,73	+ 2,1	+ 4,5	5,20	—0,63	927	+ 82	880	950	...	...	SE. 1	1,00	9,2	— 1,7	164
10	713,93	—12,54	+ 5,31	—0,21	+ 1,2	+ 8,7	6,13	+0,37	904	+ 59	760	990	14,4	14	SO. 1	0,96	9,3	— 1,2	163
11	712,19	—14,30	+ 2,57	—2,79	+ 1,3	+ 7,2	4,05	—1,64	763	— 82	630	830	...	...	SSO. 2	0,88	8,7	— 1,9	163
12	718,40	— 8,11	+ 1,41	—4,08	— 0,7	+ 4,0	3,74	—1,88	752	— 93	590	930	0,2	1	SSO. 1	0,58	8,7	— 1,8	163
13	717,25	— 9,28	+ 3,17	—1,86	+ 0,2	+ 6,0	5,03	—0,52	868	+ 23	550	970	1,2	3	NO. 1	1,00	—	—	162
14	719,05	— 7,50	+ 3,22	—1,64	+ 1,3	+ 6,9	4,73	—0,75	823	— 23	640	930	3,7	6	SSO. 1	0,60	8,6	— 1,6	161
15	717,22	— 9,35	+ 6,46	+1,76	+ 1,2	+ 9,7	5,07	—0,34	691	—155	520	810	0,2	1	SO. 2	0,90	8,6	— 1,5	160
16	715,75	—10,85	+ 4,25	—0,29	+ 0,8	+ 7,4	5,31	—0,04	881	+ 35	700	1000	13,7	7	variable	0,83	7,7	— 2,2	158
17	719,04	— 7,59	+ 0,73	—3,65	— 0,7	+ 6,9	4,66	—0,63	966	+120	860	1000	...	...	SSE. 1	0,96	8,5	— 1,3	157
18	721,37	— 5,32	+ 0,28	—3,94	— 2,7	+ 2,3	4,59	—0,64	967	+120	890	1000	...	...	SSO. 1	0,97	7,5	— 2,2	153
19	720,35	— 6,37	+ 2,68	—1,38	+ 1,5	+ 4,0	5,51	+0,34	999	+152	990	1000	21,9	17	SSO. 1	1,00	7,5	— 2,1	153
20	721,03	— 5,72	+ 4,89	+0,98	+ 2,8	+ 6,7	6,58	+1,47	999	+152	980	1000	10,8	7	variable	1,00	—	—	151
21	722,78	— 4,00	+ 6,37	+2,61	+ 6,0	+ 7,0	7,19	+2,14	1000	+152	1000	1000	36,6	22	variable	1,00	7,7	— 1,6	151
22	723,76	— 3,05	+ 9,87	+6,26	+ 6,6	+13,1	6,37	+1,37	713	—135	560	880	2,6	5	OSO. 1	0,87	7,8	— 1,4	151
23	722,07	— 4,77	+10,18	+6,72	+ 8,9	+11,5	7,72	+2,77	837	— 12	750	910	8,5	7	SSO. 1	0,99	7,8	— 1,3	154
24	725,26	— 1,61	+ 6,62	+3,31	+ 4,4	+10,7	6,58	+1,68	897	+ 48	790	960	...	...	variable	0,57	7,9	— 1,1	166
25	724,31	— 2,59	+ 3,22	+0,05	+ 0,3	+ 5,9	5,78	+0,93	989	+139	940	1000	...	...	SSE. 1	0,98	7,7	— 1,2	164
26	725,64	— 1,29	+ 6,24	+3,22	+ 2,7	+10,3	6,40	+1,60	890	+ 40	760	970	5,5	4	SSO. 1	0,93	7,7	— 1,0	160
27	730,14	+ 3,18	+ 6,41	+3,53	+ 5,2	+ 7,7	6,91	+2,16	966	+145	910	1000	7,5	10	N. 1	1,00	—	—	160
28	731,80	+ 4,80	+ 6,57	+3,83	+ 4,5	+ 8,7	6,68	+1,98	916	+ 65	820	1000	...	...	NNE. 1	0,77	8,3	— 0,2	159
29	730,87	+ 3,84	+ 5,23	+2,64	+ 3,3	+ 7,0	5,45	+0,80	830	— 22	730	920	...	...	NE. 1	0,96	8,3	— 0,1	158
30	728,48	+ 1,41	+ 3,20	+0,75	+ 2,0	+ 5,3	4,43	—0,18	786	— 67	660	840	...	...	NE. 2	1,00	8,0	— 0,3	158

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,10	727,47	727,42	726,90	726,45	726,33	726,57	726,54	726,45
2e "	717,48	718,14	718,46	718,22	717,96	718,22	718,38	718,93	719,11
3e "	726,30	726,64	727,00	726,50	726,14	726,30	726,62	726,92	727,17
Mois	723,63	724,08	724,29	723,87	723,52	723,61	723,92	724,13	724,25
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 3,98	+ 3,86	+ 4,52	+ 5,08	+ 5,27	+ 5,26	+ 4,52	+ 4,33	+ 4,19
2e "	+ 2,00	+ 2,46	+ 3,74	+ 4,39	+ 4,27	+ 3,40	+ 3,05	+ 2,73	+ 2,61
3e "	+ 5,16	+ 5,30	+ 6,52	+ 7,53	+ 7,73	+ 7,45	+ 7,18	+ 6,74	+ 6,11
Mois	+ 3,71	+ 3,87	+ 4,93	+ 5,67	+ 5,76	+ 5,37	+ 4,92	+ 4,60	+ 4,30
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,76	4,83	4,98	5,01	5,11	5,00	5,16	5,04	5,17
2e "	4,86	4,57	4,73	5,10	5,11	5,16	5,06	5,05	4,98
3e "	6,06	6,07	6,39	6,53	6,53	6,54	6,59	6,44	6,28
Mois	5,22	5,16	5,37	5,55	5,58	5,57	5,60	5,51	5,48
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	799	808	788	765	770	751	817	811	837
2e "	914	833	810	833	840	849	876	884	893
3e "	916	911	883	847	831	843	859	865	881
Mois	876	851	827	815	814	814	851	853	870

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 2,99	+ 6,44	0,90	8,92	15,6	166,4
2e "	+ 0,50	+ 6,11	0,87	8,22	51,7	158,1
3e "	+ 4,39	+ 8,72	0,91	7,91	60,7	158,1
Mois	+ 2,63	+ 7,09	0,89	8,36	128,0	160,9

Dans ce mois, l'air a été calme 5,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,18 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10°,3 O., et son intensité est égale à 9,4 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1870.

Le 1,	brouillard tout le jour.	
2,	id.	id.
10,	id.	id.
14,	id.	une partie de la journée.
16,	id.	id.
18,	id.	depuis 4 h. du soir.
19, 20, 21,	id.	toute la journée.
22,	id.	depuis 6 h. du soir.
23,	id.	tout le jour.
24,	id.	depuis 6 h. du soir.
25,	id.	depuis 8 h. du matin.
26,	id.	toute la journée.
27,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 5 à 10 h. soir	567,70
13 à 10 h. soir	555,43
15 à 8 h. matin	555,68
21 à 8 h. matin	562,85
22 à 10 h. soir	562,88
25 à 10 h. soir	566,91
29 à 10 h. matin	567,06

MINIMUM.

	mm
Le 1 à 6 h. matin	556,22
11 à 2 h. après m.	546,99
14 à 4 h. après m.	553,99
16 à 4 h. après m.	552,31
21 à 10 h. soir	559,42
23 à 6 h. soir	560,83
27 à 6 h. matin	564,04
30 à 8 h. soir	560,76

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1870.

Jours du mois	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	557,25	— 6,05	556,22	559,04	— 7,75	— 4,59	— 8,4	— 5,4	.....	.....	....	NE. 3	1,00
2	558,99	— 4,24	558,62	559,88	— 8,98	— 5,68	— 9,4	— 7,8	.....	.....	....	NE. 2	0,94
3	562,32	— 0,84	560,97	564,33	— 4,99	— 1,55	— 6,0	— 3,2	.....	.....	....	variable	0,09
4	566,38	+ 3,28	565,18	567,07	— 5,20	— 1,62	— 6,5	— 2,6	.....	.....	....	NE. 1	0,09
5	567,00	+ 3,96	566,49	567,70	— 3,76	— 0,04	— 5,7	— 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,00
6	565,99	+ 3,01	565,45	566,92	— 3,06	+ 0,80	— 4,7	0,0	.....	.....	....	SO. 1	0,01
7	563,40	+ 0,48	563,16	563,92	— 3,18	+ 0,81	— 5,0	0,2	.....	.....	....	SO. 1	0,01
8	562,37	— 0,49	560,51	563,13	— 3,83	+ 0,29	— 4,8	— 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,06
9	561,40	— 1,40	560,49	562,19	— 4,46	— 0,21	— 5,8	— 2,8	.....	.....	....	SO. 1	0,09
10	553,43	— 9,32	550,97	557,06	— 5,64	— 1,26	— 6,3	— 4,2	113	20,4	12	SO. 2	0,97
11	547,49	—15,21	546,99	548,48	—10,71	— 6,20	—13,8	— 6,7	122	8,2	12	SO. 1	0,76
12	550,75	—11,90	549,04	552,62	—13,90	— 9,25	—16,4	—11,2	62	4,9	14	NE. 1	0,68
13	554,85	— 7,75	553,75	555,43	—11,84	— 7,06	—13,0	—10,4	50	3,8	10	SO. 2	0,96
14	554,17	— 8,38	553,99	555,45	— 8,00	— 3,10	— 9,9	— 6,0	31	3,0	8	NE. 1	0,87
15	555,50	— 7,00	555,49	555,68	— 6,34	— 1,32	— 8,9	— 3,4	50	3,3	7	SO. 1	0,82
16	553,26	— 9,20	552,31	554,49	— 8,39	— 3,25	— 9,7	— 7,4	55	3,6	8	variable	0,67
17	555,01	— 7,41	554,39	556,77	— 9,04	— 3,78	—10,5	— 6,2	.....	....	....	SO. 1	0,20
18	559,15	— 3,23	558,35	559,74	— 9,51	— 4,13	—10,4	— 8,5	.....	....	....	variable	0,63
19	558,86	— 3,48	558,08	559,81	— 6,17	— 0,68	— 7,4	— 5,3	10	2,9	4	SO. 1	0,99
20	559,86	— 2,44	556,94	562,28	— 5,09	+ 0,51	— 5,8	— 4,1	.....	....	....	SO. 2	1,00
21	561,12	— 1,14	559,42	562,85	— 4,21	+ 1,50	— 6,4	— 2,5	160	20,0	16	SO. 1	1,00
22	561,61	— 0,62	559,48	562,88	— 3,17	+ 2,65	— 6,8	— 1,4	65	7,2	4	SO. 1	0,60
23	561,41	— 0,78	560,83	562,13	— 2,92	+ 3,01	— 3,2	— 2,0	230	20,2	10	SO. 1	1,00
24	565,21	+ 3,06	563,73	566,06	— 3,63	+ 2,40	— 5,5	— 1,2	60	4,9	4	SO. 1	0,52
25	566,28	+ 4,16	565,24	566,91	— 5,14	+ 0,99	— 6,0	— 4,4	.....	.....	....	SO. 1	0,90
26	565,15	+ 3,06	564,29	565,86	— 3,88	+ 2,35	— 4,0	— 3,0	75	11,9	6	SO. 2	1,00
27	564,78	+ 2,72	564,01	565,69	— 5,65	+ 0,68	— 8,2	— 3,8	120	15,0	7	SO. 1	0,62
28	566,61	+ 4,58	565,77	567,06	— 4,17	+ 2,26	— 7,0	— 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,01
29	566,01	+ 4,01	564,88	567,06	— 0,98	+ 5,55	— 3,6	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
30	561,58	— 0,39	560,76	562,79	— 4,62	+ 2,01	— 7,8	— 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,61

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	561,98	562,11	562,15	562,00	561,82	561,87	561,93	561,88	561,85
2e »	554,37	554,68	555,01	554,95	554,90	554,86	555,14	555,33	555,70
3e »	563,83	564,25	564,51	564,31	564,04	564,01	563,89	563,92	563,96
Mois	560,06	560,34	560,56	560,42	560,26	560,25	560,32	560,38	560,50
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,50	— 5,81	— 4,40	— 3,37	— 3,57	— 4,33	— 5,38	— 5,65	— 5,88
2e »	— 9,16	— 8,91	— 7,83	— 7,56	— 7,54	— 8,74	— 9,19	— 9,49	— 9,79
3e »	— 4,73	— 4,62	— 3,39	— 2,15	— 2,47	— 3,29	— 3,85	— 3,98	— 4,18
Mois	— 6,46	— 6,45	— 5,21	— 4,36	— 4,53	— 5,45	— 6,14	— 6,37	— 6,62

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,26	— 2,96	0,33	20,4	113
2e »	—10,58	— 6,92	0,76	29,7	380
3e »	— 5,85	— 1,73	0,63	79,2	710
Mois	— 7,56	— 3,87	0,57	129,3	1203

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,66 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 23,0 sur 100.

* Voir la note du tableau

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIX (NOUVELLE PÉRIODE)

1870. — Nos 153 à 156.

Pages

Sur le passage des courants d'induction et de disjonction à travers des gaz à différentes pressions et entre des pôles de formes différentes, par M. *E. Edlund* 5

Description de la terrasse d'alluvion sur laquelle est bâtie la ville de Genève ; disposition remarquable des couches sur lesquelles repose le terrain supérieur, par M. le professeur *D. Colladon* 37

Résumé météorologique de l'année 1869 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par M. le professeur *E. Plantamour* 89

Sur les publications récentes faites à l'observatoire de Bruxelles 130

Études sur la géologie des Alpes. — I. Le massif du Moléson et les montagnes environnantes dans le canton de Fribourg, par M. *Ernest Favre*. . . 169

Recherches sur les chaleurs spécifiques, les densités et les dilatations de quelques dissolutions, par M. *C. Marignac*. (Première partie : Chaleurs spécifiques.) 217

— Idem. (Deuxième partie : Densités et dilatations.) 273

Pages

Note sur les dernières Aurores boréales, par M. le professeur *A. de la Rive* 304

Notes sur le problème de la variation du climat, par M. *L. Dufour*, professeur de physique à l'Académie de Lausanne. 307

Sur la couleur du lac de Genève et de la Méditerranée, par M. *J. Tyndall*. 343

Sur la polarisation de la lumière de l'eau, par M. *J.-L. Soret* 352

Table des auteurs. 389

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr *Thomas Andrews*. Sur la continuité des états gazeux et liquide de la matière 50

A. Dupré et *F.-J.-M. Page*. Sur la chaleur spécifique et les autres caractères physiques de mélanges de l'alcool éthylique et de l'eau 58

J. Violle. De l'équivalent mécanique de la chaleur. . . . 63

L. Pfaundler. Nouvelle théorie du regel de la glace. . . 69

Félix Marco. Courants électriques développés par l'induction électrostatique. Explication du magnétisme terrestre 70

C. Vierordt. Emploi du spectroscope pour la mesure de l'absorption de la lumière au travers des corps transparents 75

C. Schultz-Sellack. Remarque sur la couleur de l'iode. . . 76

C.-B. Greiss. Sur la conductibilité calorifique des corps organiques. 145

E. Hagenbach. De la fusion de projectiles en plomb qui viennent à frapper une plaque de fer. 146

Pages

A. Kundt. Une expérience sur l'ébullition simultanée de deux liquides qui ne sont pas susceptibles de se mélanger.... 148
F. Rüdorff. Sur la détermination des points de fusion et de solidification des graisses et d'autres combinaisons.... 150
R. Kœnig. Sur les notes fixes caractéristiques des diverses voyelles.... 152
Notice sur des observations thermométriques récentes faites dans quelques stations de Syrie et de Palestine.... 250
Woolcott Gibbs. Sur les liquides doués d'un haut pouvoir dispersif.... 256
A. Kundt. Sur le spectre d'absorption de l'acide hypoazotique liquide.... 258
E. Reitlinger et M. Kuhn. Sur les spectres fournis par les gaz à l'électrode négative et dans des tubes de Geissler modifiés par un long usage.... 260
J. Parnell. Sur une nouvelle substance fluorescente... 263
F. Rossetti. Sur le maximum de densité et le point de congélation des mélanges d'alcool et d'eau.... 368
J. Müller. L'élément de peroxyde de manganèse de Leclanché. — *W. Sinsteden.* Perfectionnement apporté à la disposition de l'élément Leclanché.... 370
W. de Bezold. Recherches sur les figures électriques produites à l'aide de poussières fines.... 372

CHIMIE.

E. Fremy. Note sur la réduction de l'acide azoteux par les métaux.... 77
Julius Thomsen. Recherches sur les chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses des combinaisons chimiques.... 153
Julius Thomsen. Sur le chlorure double de platine et de glucinium. — *C. Marignac.* Note sur le même sujet.... 374

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Pages

N. Lieberkühn. Les phénomènes du mouvement des cellules animales.............................. 158

BOTANIQUE.

D. Clos. Monographie de la préfoliation dans ses rapports avec les divers degrés de la classification...... 78

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois d'août 1870...... 81
Idem. pendant le mois de septembre..... 161
Idem. pendant le mois d'octobre......... 265
Idem. pendant le mois de novembre..... 377

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1870. Tomes XXXVII à XXXIX (Nouvelle période)

A

Adamük. Innervation des mouvements de l'œil, XXXVIII, 299.

Ador, E. Radical de l'acide phthalique, XXXVIII, 287.

Amaury. Voyez *Jamin* et *Amaury*.

Andrews, Thomas. Continuité des états gazeux et liquide de la matière, XXXIX, 50.

Archer. Rhizopodes d'eau douce nouveaux ou peu connus, XXXVII, 76.

B

Bachmann, J. Terrains de la Simmenfluh, XXXVII, 302.

Bambeke, (Dr *van*). Développement du Spélobate brun, XXXVIII, 377.

Beneden (*Ed. van*). Composition et signification de l'œuf, XXXVIII, 377.

Bezold (*W. de*). Recherches sur les figures électriques produites à l'aide de poussières fines, XXXIX, 372.

Blaserna, P. Développement et durée des courants d'induction et des extra-courants, XXXVIII, 338.

C

Campiche. Voyez *Pictet* et *Campiche*.

Candolle (*Alph. de*). Analyse de divers travaux, XXXIX, 78.

Chantre. Voyez *Falsan* et *Chantre*.

Cienkowski. Sur les Clathrulina, XXXVII, 76.

Claparède, Edouard. Remarques à propos de l'ouvrage de M. Wallace sur la sélection naturelle, XXXVIII, 160. — Analyse de divers travaux, XXXVII, 76, 83, 87, 271, 357. XXXVIII, 299, 377. XXXIX, 158.

Clos, D. La préfoliation dans ses rapports avec les divers degrés de la classification, XXXIX, 78.

Colladon, Daniel. Terrasse d'alluvion sur laquelle est bâtie la ville de Genève, XXXIX, 37.

Collomb, Ed. Glaciers du plateau central de la France, XXXVII, 24. Stries glaciaires sur des grès de Fontainebleau, XXXVIII, 332.

D

Daniel. Action du magnétisme sur les gaz, XXXVII, 182.

De la Rive, Auguste. De la poussière qui flotte dans l'atmosphère, XXXVII, 229 —Polarisation rotatoire magnétique des liquides, XXXVIII, 209. — Les dernières aurores boréales, XXXIX, 304. — Analyse de divers travaux, XXXVII, 182. XXXVIII, 190.

Desor et *de Loriol.* Echinologie helvétique, XXXVII, 310.

Deville (*H. Sainte-Claire*). Action de l'eau sur le fer et de l'hydrogène sur l'oxyde de fer, XXXVIII, 365.

Donders. Sur l'association congénitale et acquise, XXXVIII, 299.

Dubrunfaut. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 262.

Dufour, Louis. Différence entre la pluie et l'évaporation observée à Lausanne, XXXVII, 243. — Problème de la variation du climat, XXXIX, 307.

Dupré, A. Voyez *Grad* et *Dupré.*

Dupré, A. et *F.-J.-M. Page.* Chaleur spécifique et autres caractères physiques des mélanges d'alcool éthylique et d'eau, XXXIX, 58.

Dursy, Em. La bandelette primitive de l'embryon du poulet, XXXVIII, 377.

E

Edlund, E. Courants d'induction et de disjonction dans des gaz à différentes pressions et entre des pôles de formes différentes, XXXIX, 5.

Engler, C. et *O. Nasse.* Sur l'ozone et l'antozone, XXXVIII, 370.

Escher de la Linth. Terrains crétacé et éocène entre le Pragel et Yberg, XXXVII, 305.

F

Falsan, A. et *Chantre.* Terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône, XXXVIII, 118.

Fatio, Victor. Sur trois espèces de grenouilles rousses, XXXVII, 33.

Favre, Alph. Existence de l'homme à l'époque tertiaire, XXXVII, 97.

Favre, A. et *L. Soret.* Conservation des blocs erratiques, XXXVII, 310.

Favre, Ernest. Craie de la Galicie orientale, XXXVII, 118. — Revue des travaux relatifs à la géologie et à la paléontologie de la Suisse, XXXVII, 289. — Géologie du massif du Moléson, XXXIX, 169.

Fischer-Ooster. L'étage rhétique des environs de Thoune, XXXVII, 298. — Zone de lias dans la chaîne du Moléson, XXXVII, 298. — Age du grès de Taviglianaz, XXXVII, 299. — Géologie des environs de Wimmis, XXXVII, 302. — Coupe prise au Kublisbad, XXXVII, 305.

Focke. Radiolaires d'eau douce dépourvus de coque, XXXVII, 76.

Foucault, Léon. Sidérostat, XXXVII, 50.

Frankland et *Lockyer.* Spectres gazeux par rapport à la constitution physique du soleil, des étoiles et des nébuleuses, XXXVII, 349.

Fremy, E. Réduction de l'acide azoteux par les métaux, XXXIX, 77.

G

Gautier, Alfred. Notice sur la cinquième année des observations thermométriques et pluviométriques suisses, XXXVII, 5. — Observations météorologiques sur la côte du Labrador, XXXVIII, 132. — Notice sur le nivellement de précision de la Suisse, par MM. Hirsch et Plantamour, XXXVIII, 313. — Publications de l'observatoire de Bruxelles,

XXXIX, 130. — Analyse de divers travaux, XXXVII, 50. XXXVIII, 292. XXXIX, 250.
Gerlach. Géologie des Alpes Pennines, XXXVII, 292. — Feuille XXII de la carte géologique suisse, XXXVII, 292.
Gibbs, *Woolcott*. Liquides doués d'un haut pouvoir dispersif, XXXIX, 256.
Gilliéron, *V*. Calcaires rouges, XXXVII, 303. — Terrains crétacés dans les chaînes extérieures des Alpes des deux côtés du Léman, XXXVIII, 255. — Voyez *de Loriol* et *Gilliéron*.
Giordano, *F*. Géologie du Cervin, XXXVII, 291.
Girard, *Maurice*. Chaleur libre dégagée par les animaux invertébrés, XXXVII, 83.
Gœtte, *A*. Développement du Bombinator igneus, XXXVIII, 377.
Gore, *G*. Sur le fluorure d'argent, XXXVIII, 362.
Grad, *Ch*. et *A*. *Dupré*. Constitution et mouvement des glaciers, XXXVII, 312.
Graham, *Th*. Nouvelles recherches sur l'hydrogenium, XXXVII, 69.
Greeff. Sur l'Actinophrys Eichhornii et un nouveau Rhizopode d'eau douce, XXXVII, 76. — Sur les Radiolaires et leurs proches parents parmi les Rhizopodes d'eau douce, XXXVII, 76.
Greiss, *C.-B*. Conductibilité calorifique des corps organiques, XXXIX, 145.
Grenacher. Sur l'Acanthocystis viridis, XXXVII, 76. — Sur l'Actinophrys Sol, XXXVII, 76.
Guthrie, *F*. Rapprochement dû aux vibrations, XXXVII, 258.

H

Hagenbach, *Ed*. Polarisation et couleur bleue de la lumière réfléchie par l'eau ou par l'air, XXXVII, 176. — Qualités optiques de la chlorophylle, XXXVIII, 356. — Fusion de projectiles en plomb frappant une plaque de fer, XXXIX, 146.
Hamy, *E.-T*. Ossements humains trouvés dans le pliocène inférieur de Savone, XXXVII, 112.
Harrison, *T.-P*. Radiation solaire, XXXVIII, 192.
Hirn. Variations de la capacité calorifique de l'eau, XXXVIII, 358.
Hirsch et *Plantamour*. Coefficient de dilatation d'un barreau d'argent, XXXVIII, 37. — Nivellement de précision de la Suisse, XXXVIII, 313.
His, *W*. Premiers rudiments du corps chez les vertébrés, XXXVIII, 377.
Huggins, *William*. Analyse spectrale des corps célestes, XXXVIII, 74.
Hugueny, *M.-F*. Coup de foudre de l'île du Rhin, XXXVII, 184.
Hull, *Edw*. Température des couches inférieures de la terre, XXXVIII, 93.
Humbert. Voyez *Pictet* et *Humbert*.

J

Jaccard, *A*. Jura vaudois et neuchâtelois, XXXVII, 306.
Jamin, *J*. Emploi du courant électrique dans la calorimétrie, XXXVIII, 358.
Jamin et *Amaury*. Chaleur spécifique de l'eau entre 0 et 100°, XXXVIII, 358.

K

Knab. Asphalte urgonienne du Val de Travers, XXXVII, 308.
Knoblauch, *H*. Passage de la chaleur rayonnante à travers le sel gemme et la sylvine, XXXVII, 259.
Kœnig, *R*. Notes fixes caractéristiques des diverses voyelles, XXXIX, 152.

Kohlrausch et *Nippolt*. Détermination de la résistance électrique de l'acide sulfurique au moyen des courants alternants, XXXVIII, 190.

Koster, *W*. Sur la formation des œufs dans l'ovaire des mammifères après la naissance, et sur les relations de l'ovaire et du péritoine, XXXVIII, 377. — L'épithélium de l'ovaire, XXXVIII, 377.

Kuhn, *M*. Voyez *Reitlinger* et *Kuhn*.

Kundt, *A*. Ebullition simultanée de deux liquides non susceptibles de se mélanger, XXXIX, 148. — Spectre d'absorption de l'acide hypoazotique, XXXIX, 258.

Kupffer, *C*. Développement des poissons osseux, XXXVIII, 377.

L

Lecoq de Boisbaudran. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 265.

Lieberkühn, *N*. Mouvement des cellules animales, XXXIX, 158.

Lochmann. Blocs erratiques dans le canton de Vaud, XXXVII, 311.

Lockyer, *J.-N*. Remarques sur l'éclipse récente du soleil, XXXVII, 252. — Voyez *Frankland et Lockyer*.

Lœw, *O*. Formation de l'ozone par combustion rapide, XXXVIII, 296.

Loriol (*P. de*). Voyez *Desor* et *de Loriol*.

Loriol (*P. de*) et *Gilliéron*. Etage urgonien inférieur du Landeron, XXXVII, 307.

Lunel, *Godefroy*. Variété rouge de l'écrevisse commune, XXXVII, 207.

M

Magnus, *G*. Variations du rayonnement calorifique avec le poli, XXXVII, 64.—Emission, absorption et réflexion des différentes espèces de chaleur émises à de basses températures, XXXVIII, 5 et 147.

Marco, *Félix*. Courants électriques développés par l'induction électrostatique, XXXIX, 70.

Marignac (*C. de*). Chaleurs spécifiques, densités et dilatations de quelques dissolutions, XXXIX, 217 et 273. — Chlorure double de platine et de glucinium, XXXIX, 374. — Analyse de divers travaux, XXXVIII, 365. XXXIX, 374.

Mayer, *K*. Terrain nummulitique près d'Einsiedeln, XXXVII, 306.

Mecznikow, *E*. Développement embryonnaire du Bothriocephalus proboscideus, XXXVII, 87.

Merian *P*. Fossiles de Ste-Vérène près Soleure, XXXVII, 306. — Fossiles tertiaires de Therwyler, XXXVII, 309.

Micheli, *Marc*. Analyse de divers travaux, XXXVII, 275, XXXVIII, 356.

Millardet, *A*. Prothallium mâle des Cryptogames vasculaires, XXXVII, 275.

Miller, *M*. Analyse spectrale des corps célestes, XXXVIII, 74.

Muhlberg. Terrain glaciaire d'Argovie, XXXVII, 311.

Müller, *A*. Roches cristallines des Alpes, XXXVII, 290. — Blocs erratiques sur le plateau bâlois, XXXVII, 311.

Müller, *J*. L'élément de peroxyde de manganèse de Leclanché, XXXIX, 370.

Müller, *J*. Analyse de divers travaux, XXXVIII, 198.

Müller, *P.-E*. Cladocères des grands lacs de la Suisse, XXXVII, 317. Cladocères du Danemark, XXXVII, 357. — Reproduction des Cladocères, XXXVII, 357.

N

Nasse, *O*. Voyez *Engler* et *Nasse*.

Negri et *Spreafico*. Géologie des environs de Varèse et de Lugano, XXXVII, 297.
Nippolt. Voyez *Kohlrausch* et *Nippolt*.

O

Ooster. Les Inocérames des terrains jurassiques des Alpes suisses, XXXVII, 299. — Les couches à Zoophycos, XXXVII, 299. — Faune corallienne de Wimmis, XXXVII, 300. — Calcaires rouges de la Simmenfluh, XXXVII, 303.
Oxmantown (Lord). Voyez *Rosse*.

P

Parnell, *J*. Nouvelle substance fluorescente, XXXIX, 263.
Peremeschko. Formation des feuillets blastodermiques dans l'œuf de poule, XXXVIII, 377.
Pfaundler, L. Regel de la glace, XXXIX, 69.
Pictet et *Campiche*. Terrain crétacé de Ste-Croix, XXXVII, 307.
Pictet et *Humbert*. Vertébrés du terrain sidérolithique du canton de Vaud, XXXVII, 308.
Plantamour, *Emile*. Résumé météorologique de l'année 1869, XXXIX, 89. — Observations météorologiques, XXXVII, 89, 193, 281, 373. XXXVIII, 97, 201, 305, 405. XXXIX, 89, 161, 265. Voy. *Hirsch* et *Plantamour*.
Plateau, *Félix*. Crustacés d'eau douce de Belgique, XXXVII, 351.
Poggendorff, *J.-C*. Simplification de la machine de Holtz, XXXVII, 58. — Pouvoir électrique des pointes, XXXVII, 187. — Déplacement de l'enveloppe lumineuse à l'électrode négative, XXXVII, 268.

Q

Quetelet, *A*. Publications récentes et observations faites à l'observatoire de Bruxelles, XXXIX, 130.

R

Rabenhorst, *L*. Flore des Cryptogames de la Saxe ; les Lichens, XXXVIII, 198.
Reitlinger, *E*. et *M. Kuhn*. Spectres des gaz à l'électrode négative et dans des tubes de Geissler modifiés par l'usage, XXXIX, 260.
Renevier. Calcaires de Wimmis, XXXVII, 302. — Coupes du bassin d'Yverdon, XXXVII, 308.
Rieneck. Stratification du blastoderme chez les truites, XXXVIII, 377.
Risler, *Eugène*. Evaporation du sol et des plantes, XXXVII, 214. — Analyse de divers travaux, XXXVIII, 91.
Rosse (*Lord Oxmantown*). Spectres des nébuleuses, XXXVIII, 88.
Rossetti, *F*. Maximum de densité et point de congélation des mélanges d'alcool et d'eau, XXXIX, 368.
Rüdorff, *F*. Points de fusion et de solidification des graisses, XXXIX, 150.
Rutimeyer. Formation des lacs et des vallées, XXXVII, 313.

S

Sarasin, *Edouard*. Analyse de divers travaux, XXXVII, 54, 58, 64, 187, 190, 259, 262, 268, 270. XXXVIII, 74, 358. XXXIX, 76, 145, 148, 150, 152, 258, 260, 263, 268, 370, 372.
Saussure (*H. de*). La grotte du Scé, station du renne, XXXVIII, 105.
Schellen, *H*. Traité d'analyse spectrale, XXXVIII, 74.
Schultz - Sellack. Diathermanéité d'une série de corps pour la chaleur obscure, XXXVII, 54. — Couleur de l'iode, XXXIX, 76.
Secchi, *A*. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 262. — Analyse spectrale des corps célestes, XXXVIII, 74.

Siebold (*C.-Th. de*). Parthénogenèse chez le Polistes gallica, XXXVII, 271.

Sinsteden, *W.* Perfectionnement apporté à la disposition de l'élément Leclanché, XXXIX, 370.

Soret, *J.-L.* Illumination des corps transparents, XXXVII, 129. — Observations sur une note de M. Hagenbach, XXXVII, 180. — Observations sur un memoire de M. Wolffenstein sur la densité de l'ozone, XXXVIII, 67. — Polarisation de la lumière de l'eau, XXXIX, 352. Voyez *Favre* et *Soret*.

Spreafico. Voyez *Negri* et *Spreafico*.

Studer, *B.* Géologie de la Suisse, XXXVII, 310. — Orographie des Alpes suisses, XXXVII, 312.

Studer, *Th.* Foraminifères dans la craie des Alpes, XXXVII, 304.

Suess. Présence du terrain permien dans les Alpes, XXXVII, 296.

T

Théobald. Géologie des environs de Ragatz et de Pfäffers, XXXVII, 295. — Notice sur les environs du Kistenpass, XXXVII, 295.

Thioly. Station de Veyrier, XXXVII, 309. — Station lacustre des Eaux-Vives, XXXVII, 309.

Thomsen, *Julius*. Recherches thermochimiques, XXXVII, 73, 201, 341. — Chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses des combinaisons chimiques, XXXIX, 153. — Chlorure double de platine et de glucinium, XXXIX, 374.

Topsoe, *H.* Recherches cristallographiques et chimiques sur les sels doubles haloïdes du platine, XXXVIII, 297. — Sur quelques sels du bichlorure de palladium, XXXVIII, 374.

Trève. Action du magnétisme sur les gaz, XXXVII, 182.

Tyndall, *J.* De la poussière qui flotte dans l'air, XXXVII, 229. — Polarisation de la chaleur, XXXVIII, 196. — Couleur du lac de Genève et de la Méditerranée, XXXIX, 343.

V

Vierordt, *C.* Emploi du spectroscope pour la mesure de l'absorption de la lumière au travers des corps transparents, XXXIX, 75.

Vierth, *E.-H.* Vibrations des lames d'air, XXXVII, 190.

Violle, *J.* Equivalent mécanique de la chaleur, XXXIX, 63.

Vionnet, *P.* Affleurements de mollasse, XXXVII, 309.

W

Waldeyer, *W.* L'ovaire et l'œuf, XXXVIII, 377.

Wallace, *Alfred-Russel*. Théorie de la sélection naturelle, XXXVIII, 160.

Warburg, *E.* Effet du son sur le magnétisme du fer, XXXVII, 270.

Wartmann, *E.* Méthode nouvelle pour déterminer les capacités calorifiques des corps liquides, XXXVIII, 62.

Wheatstone, *Charles*. Sur une cause d'erreur dans les expériences électroscopiques, XXXVIII, 352.

Wolf, *Rodolphe*. Publications diverses, XXXVIII, 292.

Wüllner. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 262.

